

**RANCANG BANGUN MESIN PERKECAMBAHAN BIJI LAMTORO (*Leucaena
Leucocephala*) DENGAN KONTROL SUHU DAN KELEMBABAN BERBASIS
MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

OLEH :

MOHAMMAD ALWI ASHABY

NIM 165100207111005



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG
2021**

RANCANG BANGUN MESIN PERKECAMBAHAN BIJI LAMTORO (*Leucaena Leucocephala*) DENGAN KONTROL SUHU DAN KELEMBABAN BERBASIS MIKROKONTROLER

Oleh :

MOHAMMAD ALWI ASHABY

NIM 165100207111005

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2021

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Mesin Perkecambahan Biji Lamtoro
(*Leucaena Leucocephala*) Dengan Kontrol Suhu Dan
Kelembaban Berbasis Mikrokontroler

Nama Mahasiswa : Mohammad Alwi Ashaby

NIM : 165100207111005

Program Studi : Teknik Pertanian

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,

Pembimbing kedua,

Dr. Ir. Gunomo Djoyowasito, MS

NIP. 19550212 198103 1 004

Retno Damayanti, STP, MP

NIK. 201304 760823 2 001

Tanggal Persetujuan :

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Mesin Perkecambahan Biji Lamtoro
(*Leucaena Leucocephala*) Dengan Kontrol Suhu Dan

Kelembaban Berbasis Mikrokontroler

Nama Mahasiswa : Mohammad Alwi Ashaby

NIM : 165100207111005

Program Studi : Teknik Pertanian

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji,



Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP

NIP. 19600306 198601 1 001

Pembimbing Pertama,

Pembimbing kedua,



Dr. Ir. Gunomo Djoyowasito, MS

NIP. 19550212 198103 1 004



Retno D. Mayanti, STP, MP

NIK. 200004 760823 2 001

Tanggal Persetujuan :

Tanggal Persetujuan :

Ketua Jurusan,




Dr. Eng. Akhmad Adi Sulianto, STP., MT., M.Eng

NIP. 19790501 200501 1 001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jombang pada tanggal 4 Februari 1998 sebagai anak ketiga dari Bapak Mahfud dan Ibu Suminah. Penulis menempuh pendidikan di SD Negeri Megaluh Jombang dan lulus pada tahun 2008. Melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di MTS Negeri Megaluh dengan tahun kelulusan 2013. Pendidikan selanjutnya di SMKN 3 Jombang dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun 2016, penulis melanjutkan pendidikan ke tingkat Perguruan Tinggi Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Selama menempuh pendidikan, penulis aktif mengikuti organisasi intra kampus, antara lain sebagai staff ACRO pada tahun 2017-2018, Dirjen ACRO pada tahun 2018-2019 serta kepanitian yang diselenggarakan oleh HIMATETA (Himpunan Mahasiswa Jurusan Keteknikan Pertanian) seperti OPJ (Orientasi Pengenalan Jurusan) TEP 2017



HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji Allah SWT dengan kemurahan dan ridho-Nya, skripsi ini dapat ditulis dengan baik dan lancar hingga selesai. Dengan ini akan ku persembahkan skripsi ini kepada :

1. Diri saya sendiri sudah berjuang sampai sejauh ini dalam menyusun tugas akhir sejak bulan November 2020 sampai Juli 2021.
2. Orang tua dan kakak pertama Nurika serta kakak kedua Dwiyani yang telah memberikan dukungan moral dan material
3. Teman-teman saya SEDULUR yang selalu menemani dan membantu saya dalam menyusun skripsi ini, memberikan saran dan kritik, hingga bantuan lainnya yang sangat berarti dalam menyelesaikan penelitian ini
4. Ikan Guppy dan Cupang yang sudah menemani saat mengerjakan naskah skripsi

"Terima Kasih"

~Mohammad Alwi Ashaby~



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Mohammad Alwi Ashaby

NIM : 165100207111005

Program Studi : Teknik Pertanian

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Judul TA : Rancang Bangun Mesin Perkecambahan Biji Lamtoro
(*Leucaena Leucocephala*) Dengan Kontrol Suhu Dan
Kelembaban Berbasis Mikrokontroler Menyatakan bahwa,

TA dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut di atas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 22 Agustus 2021

Pembuat Pernyataan,

Mohammad Alwi Ashaby

NIM.165100207111005

MOHAMMAD ALWI ASHABY. 165100207111005. Rancang Bangun Mesin Perkecambahan Biji Lamtoro (*Leucaena Leucocephala*) Dengan Kontrol Suhu Dan Kelembaban Berbasis Mikrokontroler Pembimbing: Dr.Ir. Gunomo Djoyowasito, MS. dan Retno Damayanti, STP, MP

RINGKASAN

Lamtoro (*Leucaena Leucocephala*) atau juga disebut petai cina merupakan spesies tanaman dari amerika tropis yang sejak dulu di budidayakan di Indonesia. Tanaman ini banyak ditemukan penyebarannya di pulau Jawa. Biji lamtoro memiliki manfaat bagi tubuh bila dikonsumsi secara teratur karena biji lamtoro memiliki kandungan antioksidan seperti senyawa fitokimia fenol, flavonoid, dan tannin mampu mencegah penyakit kanker dan penyakit lainnya. Selama ini biji lamtoro pemanfaatannya masih kurang sehingga perlu adanya pengolahan untuk meningkatkan mutu biji lamtoro. Oleh karena itu dibuat rancang bangun mesin perkecambahan biji lamtoro dengan kontrol suhu dan kelembaban berbasis mikrokontroler. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempercepat masa pertumbuhan tunas baru pada biji lamtoro, dengan perlakuan skarifikasi perendaman air panas pada suhu 50 °C dan 60 °C selama 4, 5, 6 dan 7 menit, menggunakan kontrol penyiraman dan kelembaban pada ruang perkecambahan. Selain itu mesin dilengkapi dengan kontrol suhu dan kelembaban otomatis untuk mempermudah proses perkecambahan. Spesifikasi dari mesin perkecambahan biji lamtoro berbahan dasar akrilik dengan ukuran 50 x 60 x 60 dengan kapasitas 5 kg, daya yang diperlukan sebesar 220 Volt (300-315)W. Mesin ini dilengkapi sensor suhu DS18B20 dan DHT-11 dengan mikrokontroler Arduino uno sebagai kontrolnya. Hasil dari penelitian berupa data hasil pengamatan kerja sensor yang selanjutnya akan dibandingkan dengan alat ukur konvensional, hasil tersebut berupa pembacaan proses perendaman dan proses perkecambahan. Nilai korelasi kerja sensor dengan alat ukur tidak berbeda jauh, dimana hal tersebut dapat dikatakan sensor dapat menjalankan tugasnya dengan baik dan dapat digunakan pada mesin perkecambahan. Hasil perkecambahan biji lamtoro menggunakan mesin sebesar 51%, lebih tinggi dengan yang tanpa menggunakan mesin, tingkat keefektifitasan kerja mesin mencapai 20.11% pada penggunaan suhu setting 60 °C dan pada suhu setting 70 °C sebesar 21.12% perbedaan tersebut dipengaruhi oleh konsumsi daya yang digunakan.

Kata kunci : Arduino uno; Biji Lamtoro; Perkecambahan; Sensor suhu

MOHAMMAD ALWI ASHABY. 165100207111005. Design of Lamtoro (Leucaena Leucocephala) Seed Germination Machine With Microcontroller Based Temperature And Humidity Control. Supervisors : Dr.Ir. Gunomo Djoyowasito, MS. dan Retno Damayanti, STP, MP

SUMMARY

Lamtoro (*Leucaena Leucocephala*) or also called Chinese petai is a plant species from tropical America that has long been cultivated in Indonesia. This plant is widely found on the island of Java. Lamtoro seeds have benefits for the body when consumed regularly because lamtoro seeds contain antioxidants such as phenolic phytochemical compounds, flavonoids, and tannins that can prevent cancer and other diseases. So far, the utilization of lamtoro seeds is still lacking, so processing is needed to improve the quality of lamtoro seeds. Therefore, the design of the lamtoro seed germination machine was made with a microcontroller-based temperature and humidity control. The purpose of this study was to accelerate the growth period of new shoots in lamtoro seeds, with scarification treatment by soaking in hot water at a temperature of 50 °C and 60 °C for 4, 5, 6, and 7 minutes, using watering and humidity control in the germination chamber. In addition, the machine is equipped with automatic temperature and humidity control to facilitate the germination process. The specifications of the acrylic-based lamtoro seed germination machine with a size of 50 x 60 x 60 with a capacity of 5 kg, the required power is 220 Volts (300-315)W. This machine is equipped with temperature sensors DS18B20 and DHT-11 with Arduino uno microcontroller as the control. The results of the research are in the form of sensor work observation data which will then be compared with conventional measuring instruments, the results are in the form of readings of the immersion process and the germination process. The value of the correlation between the work of the sensor and the measuring instrument is not much different, where it can be said that the sensor can carry out its duties properly and can be used on germination machines. The result of germination of lamtoro seeds using a machine is 51%, higher than that without using a machine, the effectiveness of the work of the machine reaches 20.11% at a

temperature setting of 60 °C and at a temperature setting of 70 °C by 21.12% the difference is influenced by the power consumption used.

Keywords: Arduino uno; Lamtoro Seeds; Germination; Temperature sensor

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini berjudul **“Rancang Bangun Mesin Perkecambahan Biji Lamtoro (*Leucaena Leucocephala*) Dengan Kontrol Suhu Dan Kelembaban Berbasis Mikrokontroler”**. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Jurusan Keteknikan Pertanian.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr.Ir. Gunomo Djoyowasito, MS. dan Retno Damayanti, STP, MP selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu dan pengetahuan kepada penyusun.
2. Dr. Ir. Ary Mustofa Ahmad, MP selaku Dosen Penguji atas segala saran dan masukannya.
3. Dr.Eng. Akhmad Adi Sulianto, STP., MT., M.Eng, selaku Ketua Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya
4. Kedua orang tua yang selalu mendukung baik secara materil dan non-materil kepada penyusun.
5. Teman-teman yang selalu mendukung penyusun dalam kondisi apapun.

Menyadari adanya keterbatasan pengetahuan, referensi, dan pengalaman, penyusun mengharapkan saran dan masukan demi baiknya Tugas Akhir ini.

Akhirnya harapan penyusun semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun semua pihak yang membutuhkan.

Malang, 05 Juli 2020

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
RIWAYAT HIDUP	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAAN TUGAS AKHIR	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanaman Lamtoro (<i>Leucaena leucocephala</i>)	4
2.2 Perkecambahan	4
2.3 Pengaruh Suhu dan Kelembaban pada Perkecambahan	5
2.4 Mikrokontroller Arduino Uno	5
2.5 Sensor suhu DS18B20	6
2.6 Sensor suhu DHT- 11	7
2.7 Sistem Pengendalian Penyiraman Dan Kelembaban	8
2.8 Penelitian Terdahulu Terkait Perkecambahan Biji Lamtoro	11
III. METODE PENELITIAN	10
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Perancangan Mesin Perkecambahan Biji Lamtoro	13
3.4 Prosedur Penelitian	15
3.5 Cara Kerja Mesin	17
3.6 Parameter Pengujian Sensor	19
3.7 Parameter Pengujian Motor Penggerak	19
3.8 Uji Kinerja Mesin	19

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil Rancangan Struktural Mesin Perkecambahan	25
4.2 Data Hasil Penelitian	26
4.3 Pengaruh Waktu Terhadap Kinerja Motor Servo	32
4.4 Pengaruh Kinerja Mesin Terhadap Presentase Perkecambahan	34
4.5 Pengaruh Suhu Terhadap Efisiensi Kerja Mesin	36
4.6 Perhitungan Biaya Konsumsi Listrik	38
V. KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Pengamatan Penelitian Kalibrasi Sensor Suhu dan Daya Listrik...	23
Tabel 3.2 Pengamatan Penelitian Kalibrasi Sensor Kelembaban	23
Tabel 3.3 Pengamatan Penelitian Kalibrasi Motor Servo	23
Tabel 3.4 Pengamatan Penelitian Kalibrasi Perataan Biji	23
Tabel 3.5 Pengamatan Penelitian Perkecambahan	24
Tabel 4.1 Spesifikasi Mesin Perkecambahan	25
Tabel 4.2 Kalibrasi Sensor Suhu	27
Tabel 4.3 Pengambilan Data Perataan Biji Lamtoro	29
Tabel 4.4 Kalibrasi Sensor Kelembaban	31
Tabel 4.5 Perbandingan Waktu Kerja Motor Servo	32
Tabel 4.6 Perkecambahan Menggunakan Mesin	34
Tabel 4.7 Perkecambahan Menggunakan Mesin	34
Tabel 4.8 Perkecambahan Menggunakan Mesin Ulangan 1	35
Tabel 4.9 Perkecambahan Menggunakan Mesin Ulangan 2	35
Tabel 4.10 Presentase Perkecambahan Tanpa Menggunakan Mesin	36
Tabel 4.11 Efisiensi Penggunaan Daya Pada Mesin	38
Tabel 4.12 Perhitungan Biaya Konsumsi Listrik Suhu 60° C	39
Tabel 4.13 Perhitungan Biaya Konsumsi Listrik Suhu 70° C	39

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Mikrokontroler Arduino Uno.....	6
Gambar 2.2 Sensor suhu DS18B20.....	7
Gambar 2.3 Sensor suhu DHT- 11	8
Gambar 2.4 Pompa air	8
Gambar 2.5 Nozzle.....	9
Gambar 2.6 Mikrokontroler	9
Gambar 2.7 Kipas.....	10
Gambar 2.8 Heater	10
Gambar 3.1 Rancang mesin perkecambahan biji lamtoro.....	14
Gambar 3.2 Pin Input dan Output Arduino Uno.....	15
Gambar 3.3 Proses Perendaman Biji Lamtoro.....	16
Gambar 3.4 Diagram alir prosedur penelitian	17
Gambar 3.5 Diagram alir mekanisme kerja mesin	18
Gambar 3.6 Penempatan sensor.....	19
Gambar 3.7 Posisi pengambilan data kedalaman biji.....	20
Gambar 4.1 Mesin perkecambahan biji lamtoro.....	25
Gambar 4.2 Grafik perbandingan kerja sensor suhu dengan alat ukur	26
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kinerja Sensor Suhu	28
Gambar 4.4 Inialisasi Program Motor DC	28
Gambar 4.5 Inialisasi Program Pompa Air Otomatis.....	30
Gambar 4.6 Tampilan layar LCD	30
Gambar 4.7 Tampilan Serial Plotter Arduino Uno	30
Gambar 4.8 Grafik perbandingan kerja sensor kelembaban dengan alat ukur.....	31
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Kinerja Sensor Kelembaban.....	32
Gambar 4.10 Penuangan Biji Lamtoro.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain Mesin Perkecambahan	43
Lampiran 2 Perhitungan Data Penelitian	44
Lampiran 3 Source Code	47
Lampiran 4 Dokumentasi Pembuatan Mesin	53
Lampiran 5 Dokumentasi Pengujian Mesin	55



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lamtoro (*Leucaena Leucocephala*) atau juga disebut petai cina merupakan spesies tanaman dari Amerika tropis yang sejak dulu di budidayakan di Indonesia.

Tanaman ini banyak ditemukan penyebarannya di pulau jawa. Lamtoro merupakan salah satu tanaman yang memiliki kandungan unsur hara yang tinggi serta mudah berkembang di Indonesia. Kandungan protein yang tinggi baik bagi tumbuh kembang hewan ternak. Selain sebagai pakan hewan ternak tanaman lamtoro digunakan sebagai pupuk organik yang kaya akan unsur hara. Biji lamtoro memiliki kandungan protein yang tinggi serta unsur – unsur yang baik bagi tubuh bila dikonsumsi secara teratur. Kandungan antioksidan seperti senyawa fitokimia fenol, flavonoid, dan tannin mampu mencegah penyakit kanker dan penyakit lainnya. Dalam proses pertumbuhan tanaman lamtoro di alam, biji lamtoro yang sudah tua akan jatuh ke tanah dan lama – kelamaan akan tumbuh tunas pada bijinya.

Aktifitas alam membantu proses pertumbuhan tunas baru, namun biji lamtoro memiliki karakteristik kulit yang keras dan tebal sehingga membutuhkan waktu yang lama dalam proses pertumbuhannya. Dalam proses tumbuhnya di alam aktifitas mikroorganisme dan suhu juga membantu mempercepat massa pertumbuhan tunas baru pada biji lamtoro. Menurut (Adawiah, 2018) variasi penghambatan atau pemacuan dari perkecambahan tergantung pada senyawa alelokimia yang diberikan. Terlalu banyak atau terlalu sedikit bisa mempengaruhi pertumbuhan tanaman pokok. Perlakuan perendaman dengan variasi suhu air panas juga dapat mempercepat proses pelunakan kulit biji lamtoro, sehingga tunas lebih mudah tumbuh dan dapat menonaktifkan mikroba pengganggu pertumbuhan. Metode skarifikasi atau perendaman dengan air panas (70 °C) selama 20 menit dapat meningkatkan hasil presentase perkecambahan sebesar 75% (Suita, 2019). Selain metode perendaman air panas menurut SNI 8805 : 2019 perkecambahan biji dapat dilakukan menggunakan alat germinasi biji untuk menciptakan lingkungan yang ideal bagi biji yang dikecambahkan.

Tujuan perancangan mesin ini digunakan untuk mempercepat masa pertumbuhan tunas baru pada biji lamtoro, dengan perlakuan skarifikasi perendaman air panas pada suhu 60 °C dan 70 °C selama 5, 10, 15 dan 20 menit, menggunakan

kontrol penyiraman dan kelembaban pada ruang perkecambahan. Selama ini biji lamtoro pemanfaatannya masih kurang sehingga perlu adanya pengolahan untuk meningkatkan mutu biji lamtoro. Mesin ini diperlukan karena dapat mempercepat proses perkecambahan biji lamtoro secara maksimal. Selain itu mesin dilengkapi dengan kontrol suhu dan kelembaban otomatis untuk mempermudah proses perkecambahan. Pengujian mesin perkecambahan biji lamtoro dilakukan untuk mengetahui tingkat efektifitas kerja mesin dan presentase perkecambahan biji lamtoro yang menggunakan perlakuan dari mesin. Nilai efektifitas mesin didapatkan dari pengujian suhu dan kelembaban terhadap energy listrik yang digunakan, efektifitas penggunaan mesin sebesar 21.12%. Diketahui presentase perkecambahan biji lamtoro yang menggunakan perlakuan mesin sebesar 51% dan tanpa perlakuan mesin 39%, hasil tersebut membuktikan mesin dapat meningkatkan presentase perkecambahan biji lamtoro, namun nilai tersebut belum sesuai dengan literature yang mendapatkan 75% presentase perkecambahan dengan perlakuan yang sama. Perbedaan presentase perkecambahan dapat terjadi karena ada beberapa faktor diantaranya, kualitas biji lamtoro, varietas biji lamtoro yang tidak sama tiap daerah, dan perlakuan yang digunakan untuk mengecambahkan biji lamtoro.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut maka permasalahan yang timbul antara lain:

1. Bagaimana merancang mesin perkecambahan biji lamtoro dengan kontrol suhu dan kelembaban ?
2. Bagaimana kemampuan mesin perkecambahan biji lamtoro dengan suhu dan kelembaban terkontrol berbasis mikrokontroller?
3. Bagaimana cara mengetahui efisiensi kerja mesin perkecambahan biji lamtoro?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang mesin perkecambahan biji lamtoro dengan kontrol suhu dan kelembaban
2. Menguji hasil rancangan dengan perlakuan setiap suhu dan kelembaban selama proses perkecambahan biji lamtoro
3. Mengetahui efisiensi kerja mesin selama proses perkecambahan biji lamtoro

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengatasi perkecambahan biji lamtoro yang kurang efektif dalam pertumbuhannya serta membutuhkan waktu yang lama, dengan menggunakan metode skarifikasi
2. Mengetahui kerja mesin dalam mempercepat proses perkecambahan biji lamtoro
3. Mengetahui proses perkecambahan biji lamtoro secara terkontrol

1.5 Batasan Masalah

1. Pembuatan sistem kontrol otomatis menggunakan mikrokontroler arduino uno
2. Penelitian ini menggunakan metode skarifikasi perlakuan perendaman air panas 60 °C dan 70 °C
3. Penelitian ini menggunakan biji lamtoro dengan varietas yang berasal dari jawa timur

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Lamtoro (*Leucaena leucocephala*)

Lamtoro merupakan salah satu tanaman yang berasal dari Amerika Latin, dimana tanaman ini sudah sejak lama diimpor ke Indonesia. Tanaman *Leucaena* dikategorikan kedalam kelompok tanaman *Leguminosae* dan tergolong subfamily *Mimosaceae*, merupakan tanaman multiguna karena seluruh bagian tanaman dapat dimanfaatkan baik untuk kepentingan manusia maupun hewan. Tanaman *Leguminosae* merupakan tanaman polong – polongan dengan sistem perakaran yang mampu bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* dan membentuk bintil akar yang mampu mengikat kandungan nitrogen dalam udara (Roidi, 2016).

Biji lamtoro dapat digunakan menjadi bibit ketika sudah kering dan tua, biji lamtoro memiliki karakteristik kulit biji yang keras dan berlilin, sehingga jika tidak dibantu meretaskannya maka peretasan biji tersebut akan membutuhkan waktu yang lama, yaitu sekitar 2 sampai 3 bulan. Pohon lamtoro tidak dapat ditanam melalui pemotongan batang (stek), sedangkan biji yang akan dijadikan bibit harus baik dan kering di pohon agar kualitas benih dapat tumbuh dengan baik (Ani, 2006).

2.2 Perkecambahan

Proses perkecambahan benih merupakan suatu rangkaian kompleks dari perubahan-perubahan morfologi, fisiologi dan biokimia. Tahap pertama suatu perkecambahan benih dimulai dengan proses penyerapan air oleh benih, melunaknya kulit benih dan hidrasi dari protoplasma. Tahap kedua dimulai dengan kegiatan-kegiatan sel dan enzim-enzim serta naiknya tingkat respirasi benih. Tahap ketiga merupakan tahap di mana terjadi penguraian bahan-bahan seperti karbohidrat, lemak dan protein menjadi bentuk-bentuk yang melarut dan ditranslokasikan ke titik tumbuh. Tahap keempat adalah asimilasi dari bahan-bahan yang telah diuraikan tadi di daerah yang mudah menggandakan atau membelah diri (meristematik) untuk menghasilkan energi bagi pembentukan komponen dan pertumbuhan sel-sel baru. Tahap kelima adalah pertumbuhan dari kecambah melalui proses pembelahan, pembesaran dan pembagian sel-sel pada titik tumbuh. Sementara daun belum dapat berfungsi sebagai organ untuk fotosintesa maka pertumbuhan kecambah sangat tergantung pada persediaan makanan yang ada dalam biji (Cahyadi, 2008).

Skarifikasi merupakan metode pemecahan biji yang keras agar penyebaran pertumbuhan lamtoro bisa merata. Skarifikasi dapat dilakukan secara mekanik dan kimia. Menurut Suprayitno (1981) untuk mengecambahkan biji lamtoro yaitu biji-biji yang kering dari pohon direndam dengan air panas mendidih selama 3 menit, lalu diangkat diletakkan dalam wadah baskom atau tempat lainnya. Kemudian ditutup dengan daun pisang atau kain basah yang bersih. Baskom yang berisi biji-biji tersebut diletakkan di tempat yang agak lembap. Setelah 24 jam mulai terlihat biji-biji tersebut mengecambah, tetapi baru menjadi tauge setelah 3 hari.

2.3 Pengaruh Suhu dan Kelembaban pada Perkecambahan

Sejumlah proses-proses pertumbuhan mempunyai hubungan kuantitatif dengan suhu, diantaranya dalam proses respirasi, sebagian dari reaksi fotosintesis dan berbagai gejala pendewasaan dan pematangan. Tambahan pula, proses-proses dalam tanaman seperti dormansi, pembungaan dan pembentukan buah sangat peka terhadap suhu. Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman tergantung pada spesies dan varietasnya dan pada tahap fisiologi khusus dari proses pertumbuhan (Indasari, 2018).

Faktor yang paling mempengaruhi perkecambahan biji lamtoro yaitu dengan melakukan perlakuan pendahuluan yang bertujuan untuk melunakan kulit luar sehingga tunas baru mudah tumbuh. Faktor lain yaitu kelembaban dan suhu saat biji disemaikan pada wadah perkecambahan. Jika kelembaban pada wadah perkecambahan sangat tinggi maka kecepatan perkecambahan semakin cepat. Biji lamtoro yang direndam pada air panas 70°C selama 20 menit dapat meningkatkan daya kecambah sebesar 75% (Suita, 2019).

2.4 Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah board yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat

membuanya bekerja. Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai USB to serial converter untuk komunikasi serial ke komputer melalui port USB. "Uno" berarti satu di Italia dan diberi nama untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Versi 1.0 menjadi versi referensi Arduino ke depannya (Basith, 2017), seperti terlihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1. Mikrokontroler Arduino Uno

Sumber : arduitech.com

2.5 Sensor suhu DS18B20

Sensor DS18B20 merupakan sensor suhu yang dibuat oleh Dallas Semiconductor. Sensor ini memiliki keluaran digital sehingga tidak memerlukan rangkaian ADC, serta memiliki tingkat keakurasian pembacaan yang tinggi dengan waktu proses yang stabil dari sensor – sensor suhu yang lainnya. Sensor DS18B20 menggunakan protokol 1 *wire communication* dengan 3 pin yang terdiri dari +5v, Ground dan Data Input/Output. Sensor DS18B20 merupakan sensor yang sangat praktis karena hanya membutuhkan 1 pin I/O saja untuk bisa bekerja sama dengan mikrokontroler. Sensor ini memiliki kemampuan mengukur suhu pada kisaran -55 °C sampai 125 °C dan bekerja secara akurat dengan kesalahan $\pm 0,5$ °C pada kisaran -10 °C sampai 85 °C. Selain itu, daya yang digunakan bisa langsung didapat dari data line ("parasite power"), sehingga tidak diperlukan lagi listrik eksternal (Darmawan, 2013), seperti terlihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2. Sensor suhu DS18B20

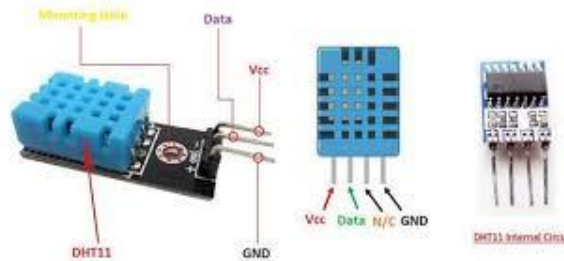
Sumber: arduitech.com

2.6 Sensor suhu DHT- 11

Sensor suhu DHT-11 merupakan komponen elektronika yang berfungsi membaca kelembaban dan suhu di dalam suatu ruangan. Sensor ini mengeluarkan output berupa pembacaan analog data yang selanjutnya dapat di proses mikrokontroler. Sensor DHT-11 memiliki kualitas pembacaan suhu yang sangat baik dan cepat, data yang terbaca akan langsung terkalibrasi dengan baik sehingga sensor ini mampu membaca suhu dan kelembaban sejauh 20 meter (Giashinta,2018). seperti terlihat pada **Gambar 2.3**.

Spesifikasi :

- Daya yang dipakai : 5 V
- Rentang temperatur : 0 - 50° C kesalahan $\pm 2^{\circ}$ C
- Kelembaban : 20 - 90% RH $\pm 5\%$ RH error
- Interface : Digital
- Pin : 3 (Vcc, Data, Gnd)



Gambar 2.3. Sensor suhu DHT- 11

Sumber: arduitech.com

2.7 Sistem Pengendalian Penyiraman dan Kelembaban

Di bidang pertanian modern sistem kontrol merupakan suatu teknologi yang dapat membantu para petani menghasilkan produk pertanian dengan baik dan efisien.

Sistem kontrol dapat menyimpan dan mengatur setiap operasi kerja dari system pertanian modern sehingga dapat berjalan secara efisien dan hasil yang maksimal.

Sistem kontrol tersusun dari mikrokontroller yang di rangkai dengan sistem mekanik pada suatu alat pertanian sehingga prosesnya dapat secara otomatis (Oktariawan *et al*, 2013). Aplikasi dari sistem kontrol di bidang pertanian salah satunya digunakan untuk mengatur penyiraman secara otomatis dan kontrol kelembaban pada ruangan.

Pengaturan kontrol kelembaban pada ruangan menggunakan rangkaian mikrokontroller yang dirangkai pada sensor kelembaban dengan pompa air sebagai penyuplai air pada ruangan. Untuk mendapatkan hasil penyiraman yang efisien digunakan sprayer sebagai pengkabut air sehingga air yang keluar dapat merata dan sesuai dengan pengontrolan kelembaban pada ruangan. Didalam mesin ini digunakan beberapa komponen alat seperti :

a. Pompa Air

Pompa air digunakan untuk mengalirkan air pada bak penyimpanan yang selanjutnya di salurkan ke sprayer untuk proses pengkabutan. Pompa air memberikan gaya tekanan aliran agar proses pengkabutan pada nozzle dapat secara maksimal. Pompa air yang digunakan pada penelitian ini adalah diaphragm pump DP-537 dengan daya arus DC 12V 65 watt, pompa air ini mempunyai daya semprot sebesar 0.68 MPa atau setara 100 psi dengan aliran maksimalnya sebesar 4 liter per menitnya, seperti terlihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4. Diaphragm pump

b. Nozzel

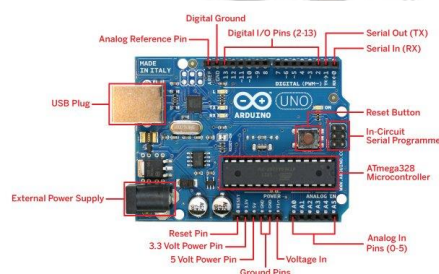
Nozzel berfungsi untuk mengkabutkan air yang keluar agar ukurannya menjadi kecil sehingga cocok untuk pengontrolan kelembaban. Air yang di semprotkan dapat berbentuk seperti kabut karena air melewati lubang orifice yang sangat kecil pada nozzle. Pada mesin ini digunakan nozzle yang memiliki lubang orifice sebesar 0,3 mm agar proses pengontrolan kelembaban tetap stabil, seperti terlihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5. Nozzel

c. Mikrokontroler

Mikrokontroler berfungsi sebagai otak perintah pada rangkaian sistem kontrol, dimana setiap proses di kontrol menggunakan mikrokontroler yang sudah di rakit dengan komponen mekanis. Mikrokontroler yang digunakan pada mesin ini adalah arduino uno dengan pin pembacaan data input berupa analog dan data input digital. Selain digunakan untuk membaca data arduino juga digunakan sebagai penyimpan data pengamatan kelembaban pada mesin untuk tujuan penelitian, seperti terlihat pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6. Mikrokontroler

Sumber: arduitech.com

d. Kipas

Kipas berfungsi untuk menghembuskan udara dari luar menuju ruang perkecambahan biji lamtoro. Tujuan dari penghembusan udara yakni untuk menjaga agar kelembaban pada ruang perkecambahan tetap stabil dan dapat dikontrol sehingga proses perkecambahan dapat berjalan secara maksimal. Kelembaban pada ruang perkecambahan diatur agar tetap setabil pada rentang suhu 24 °C hingga 30 °C, seperti terlihat pada **Gambar 2.7**.



Gambar 2.7. Kipas

e. Heater

Heater berfungsi untuk memanaskan air ketika proses perendaman biji lamtoro. Tujuan dari pemanasan air untuk merendam yakni untuk melunakkan kulit biji lamtoro sehingga proses perkecambahan dapat berjalan dengan cepat. Pada proses perendaman heater disetting memanaskan air secara otomatis dan akurat. Heater yang digunakan memerlukan daya listrik sebesar 190 watt dengan waktu penggunaan selama 20 menit setiap satu kali proses perkecambahan, seperti terlihat pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8. Heater

2.8 Penelitian Terdahulu Terkait Perkecambahan Biji Lamtoro

2.8.1 Pematahan Masa Dormansi Untuk Perkecambahan Biji Lamtoro

Masa dormansi merupakan banyaknya waktu yang diperlukan biji untuk menumbuhkan tunas baru. Masa dormansi biji lamtoro memiliki waktu yang cukup lama, hal tersebut disebabkan adanya lapisan keras pelindung bagian embrio biji sehingga menyulitkan air dan udara masuk. Perlu adanya perlakuan pendahuluan untuk mematahkan masa dormansi biji lamtoro. Menurut Irmayani (2017) pematahan masa dormansi biji lamtoro dapat menggunakan metode skarifikasi dengan perendaman urin sapi. Urine sapi memiliki kandungan auksin dan giberilin dimana zat tersebut dapat mempercepat dan merangsang tumbuhnya tunas baru. Perendaman biji lamtoro dilakukan selama 20 menit menggunakan urine sapi murni. Setelah dilakukan perendaman biji lamtoro dikondisikan dan diamati perkembangannya. Hasil skarifikasi menunjukkan perkecambahan biji lamtoro berjalan dengan baik, bahkan jika biji direndam lebih lama maka perkecambahan biji lamtoro juga akan semakin cepat.

Selain menggunakan metode skarifikasi (perendaman) hal lain yang harus diperhatikan saat mengecambahkan biji lamtoro yakni dengan mengontrol asupan air dan udara saat proses perkecambahan. Pengontrolan tersebut berguna untuk memaksimalkan tunas baru agar lebih cepat tumbuh. Penyiraman biji dilakukan setiap 3 jam sekali agar kelembaban udara yang dibutuhkan biji dapat terpenuhi (Purwanti, 2019).

2.8.2 Metode Perkecambahan Benih Dengan Germinator

Perancangan mesin perkecambahan biji lamtoro didasari standar SNI 8805 : 2019, Dimana proses perkecambahan benih menggunakan mesin perkecambahan (Germinator). Standar media perkecambahan yakni memiliki suhu dalam mesin sebesar $24^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ dengan kelembaban 90% - 95%. Suhu dan kelembaban digunakan untuk merangsang benih agar berkecambah, cahaya juga dibutuhkan untuk menjaga kelembaban dalam mesin dengan intensitas sebesar $> 150 \text{ LUX}$. Dasar standar tersebut diterapkan pada perancangan mesin perkecambahan biji lamtoro.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2020 sampai Juli 2021 yang dilaksanakan di Laboratorium Mekatronika Alat dan Mesin Agroindustri, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Pada perancangan mesin perkecambahan berbasis mikrokontroler digunakan alat sebagai berikut :

1. Software Autocad 2019 yang berfungsi untuk mendesain rancangan awal mesin perkecambahan berbasis mikrokontroler
2. Penggaris dan meteran yang berfungsi untuk menentukan ukuran akrilik yang akan dibuat
3. Spidol yang digunakan untuk menandai bagian akrilik yang akan dipotong
4. Cutter akrilik yang digunakan untuk memotong lembaran akrilik
5. Bor listrik yang digunakan untuk melubangi bagian akrilik yang akan dilubangi
6. Laptop digunakan sebagai media desain mesin dan membuat program Arduino IDE

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk membuat inkubator perkecambahan adalah sebagai berikut :

1. Akrilik digunakan sebagai bahan utama pembuatan kerangka mesin perkecambahan
2. Arduino Uno digunakan sebagai *board* untuk menerima program dan menjalankan program
3. Fan 12x12 cm digunakan untuk mengalirkan udara kedalam ruang perkecambahan
4. Modul relay 4 channel 5v digunakan untuk mematikan dan menyalakan komponen
5. Power supply 12v 10A digunakan untuk supply daya pada mikrokontroler
6. Motor servo 5v digunakan untuk memutar tabung perendaman
7. Sensor DS18B20 dan DHT-11 digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban pada mesin perkecambahan

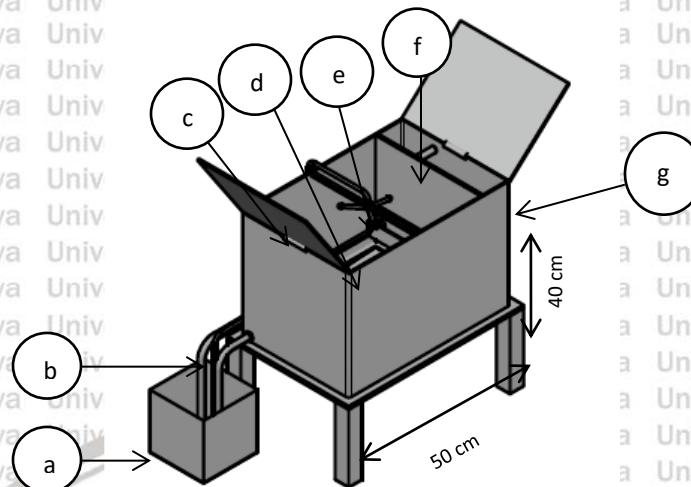
8. Lcd 12x2 digunakan untuk tampilan pada mesin perkecambahan
9. Keypad 4x4 digunakan untuk memasukan input nilai pada mikrokontroller
10. Heater sebagai pemanas air
11. Stepdown XL4015 5A digunakan untuk mengecilkan arus daya dari power supply ke arduino uno
12. Motor DC digunakan untuk menjalankan lengan perata pada mesin
13. Kabel pelangi digunakan untuk menyambungkan komponen
14. Lem akrilik digunakan sebagai perekat
15. Biji lamtoro sebagai bahan uji perkecambahan
16. Air digunakan merendam biji lamtoro
17. Saringan lembaran digunakan sebagai alas perkecambahan biji lamtoro

3.3 Perancangan Mesin Perkecambahan Biji Lamtoro

Perancangan mesin di mulai dari rancangan desain struktural dan desain fungsional, rancangan struktural digunakan sebagai penentu dimensi dari mesin yang dapat digunakan sebagai acuan rancangan fungsional. Desain fungsional berupa penjabaran fungsi dari komponen mesin berdasarkan kriteria desain yang dibutuhkan.

3.3.1 Rancangan Struktural Mesin Perkecambahan Biji Lamtoro

Rancangan struktural mesin perkecambahan biji lamtoro di desain untuk mengecambahkan biji lamtoro selama 3 hari. Mesin ini berbentuk persegi panjang dengan 3 ruangan dimana ruangan pertama sebagai tempat perkecambahan, ruang kedua sebagai tempat heater otomatis dan perendaman biji lamtoro, ruangan ketiga sebagai mikrokontroller. Diruang pertama terdapat saringan pemisah air dan biji lamtoro, saringan ini memiliki lebar 40 cm dan panjang 50 cm untuk menampung \pm 0,5kg biji lamtoro. Pemasangan sprayer terletak diatas saringan untuk mempermudah penyiraman air dan sensor DHT-11 dan kipas diletakan sejajar dengan sprayer agar tidak terkena air. Ruang kedua berisi tabung perendaman yang dilengkapi heater otomatis dan sensor DS 18B20. Ruang ketiga berisi mikrokontroller arduino uno dan power supply sebagai sumber daya listrik, seperti terlihat pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1. Rancangan Mesin Perkecambahan Biji Lamtoro

Keterangan :

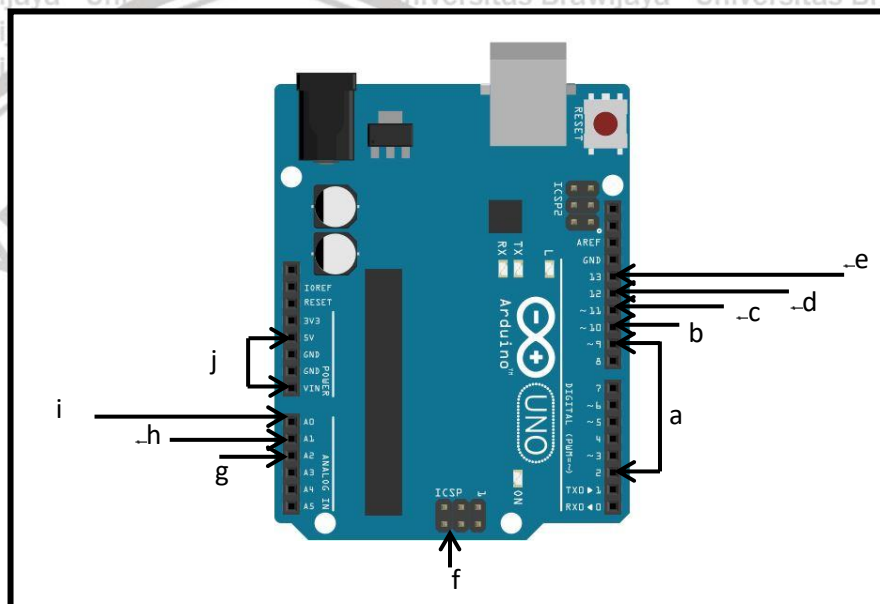
- a. Box penyimpan air dan pompa air
- b. Selang pompa air
- c. Sensor DHT-11 dan kipas pemanas
- d. Saringan / tempat perkecambahan dan lengan penyapu biji lamtoro
- e. Sprayer
- f. Tabung pemanas air, Sensor DS18b20, Motor servo
- g. Box kontrol sistem mikrokontroller

3.3.2 Rancangan Fungsional Mesin Perkecambahan Biji Lamtoro

Rancangan fungsional mesin ini digunakan untuk perkecambahan biji lamtoro, yang dilengkapi arduino uno sebagai sistem otomatisasi pada mesin ini. Mesin ini dilengkapi dengan sensor DS 18B20 sebagai pengukur suhu air yang dipanaskan dengan heater, sensor DHT-11 digunakan untuk mengukur kelembaban pada ruang perkecambahan. Motor DC digunakan sebagai penggerak untuk meratakan biji lamtoro yang sudah di rendam. Pompa air digunakan sebagai penyuplai air di ruangan perkecambahan dan tabung pemanas. Sprayer digunakan untuk menyemprotkan air agar merata. LCD 12 x 2 digunakan sebagai tampilan pada mesin. Keypad 4 x 3 sebagai input data pada mesin. Power supply digunakan sebagai penyuplai listrik untuk mesin.

3.3.3 Rangkaian Mikrokontroler

Pembuatan rangkaian elektronik diawali dengan penentuan pin input dan output pada mikrokontroler arduino uno. Pin input dan output berfungsi untuk mengatur sistem kerja dari komponen – komponen pendukung dari mesin perkecambahan biji lamtoro. Setelah pin ditentukan, mikrokontroler arduino uno akan di program menggunakan aplikasi Arduino Genuino untuk menjalankan fungsi perintah pada program yang telah dibuat. Pin input dan output mikrokontroler arduino uno yang digunakan dapat dilihat di **Gambar 3.2.**



Gambar 3.2. Pin Input dan Output Arduino Uno

Keterangan :

- a) Pin digital 2 sampai 9 sebagai input nilai dari Keypad
- b) Pin digital 10 sebagai input nilai pada Motor DC
- c) Pin digital 11 sebagai input nilai pada Motor DC
- d) Pin digital 12 sebagai input nilai pada Pompa air
- e) Pin digital 13 sebagai input nilai pada Heater
- f) Pin digital ICSP sebagai input nilai pada LCD
- g) Pin analog A2 sebagai input nilai pada Motor servo
- h) Pin analog A1 sebagai input nilai pada Sensor kelembaban DHT-11
- i) Pin analog A0 sebagai input nilai pada Sensor suhu DS18B20
- j) Pin 5V – GND sebagai input dan output tegangan pada komponen

3.3.4 Skarifikasi Perendaman Air Panas

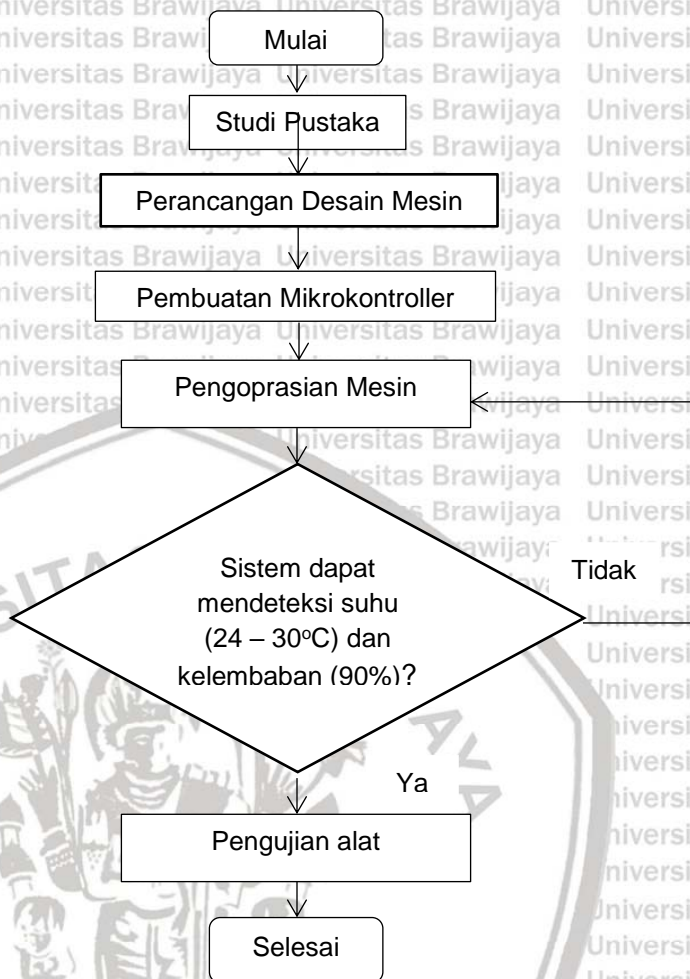
Metode perendaman air panas (skarifikasi) pada penelitian dilakukan dengan cara merendam biji lamtoro pada air panas dengan perlakuan suhu 60°C dan 70°C . perendaman biji lamtoro dilakukan pada tabung perendaman yang dilengkapi dengan pemanas air (Heater), motor servo, dan sensor suhu DS18B20. Setting suhu dan waktu perendaman perlakuan dilakukan sebelum biji lamtoro di masukkan kedalam tabung, dengan cara menekan keypad pada mesin lalu biji di masukkan ke dalam tabung dan tekan keypad untuk memulai proses pemanasan air dalam tabung. Heater yang berada di dalam tabung akan memanaskan air sampai suhu yang telah di setting sebelumnya. Sensor DS18B20 otomatis akan membaca suhu air dan menjaganya tetap pada suhu yang telah di setting didalam tabung ketika proses perendaman dimulai, sensor ini terhubung dengan mikrokontroller dan modul relay sebagai pemutus aliran listrik pemanas air (Heater). Proses perendaman berlangsung selama waktu yang telah disetting sebelumnya, jika waktu sudah berakhir otomatis motor servo akan berputar 180° untuk menumpahkan air dan biji lamtoro yang direndam. Proses perendaman biji lamtoro dengan air panas dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



Gambar 3.3. Proses Perendaman Bij Lamtoro

3.4 Prosedur Penelitian

Perancangan mesin perkecambahan biji lamtoro memerlukan beberapa prosedur kerja yang harus dilakukan, berikut ini adalah diagram alir prosedur kerja mesin perkecambahan biji lamtoro yang dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.



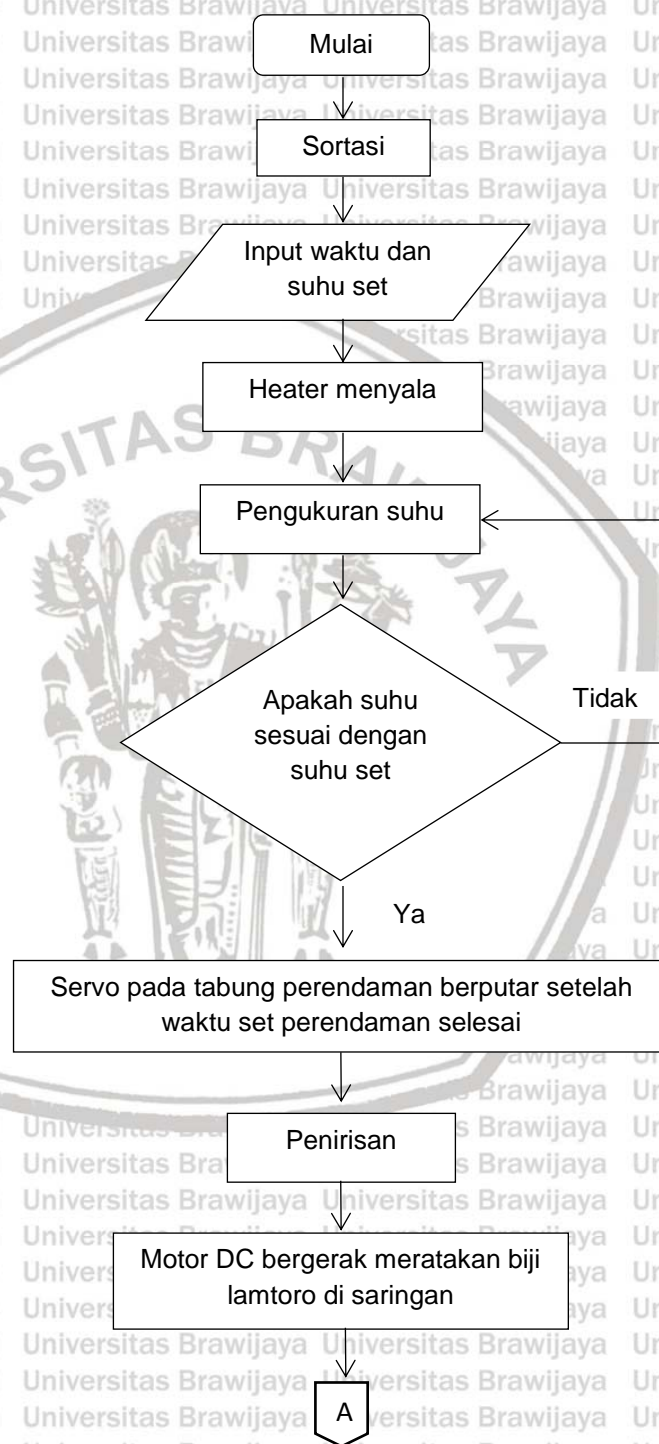
Gambar 3.4. Diagram alir prosedur penelitian

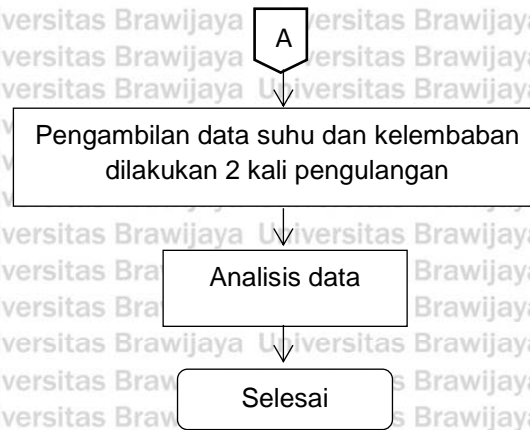
3.5 Cara Kerja Mesin

Mesin perkecambahan biji lamtoro memiliki prinsip kerja, dimana biji lamtoro pertama kali di sortasi terlebih dahulu untuk memisahkan biji yang kosong atau rusak. Setelah proses sortasi biji lamtoro di masukkan kedalam tabung untuk di rendam dengan perlakuan suhu dan waktu yang telah ditentukan. Setelah itu tabung otomatis yang dilengkapi motor servo dan sensor DS 18B20 akan menumpahkan biji lamtoro ke atas saringan pemisah air, yang selanjutnya diratakan dengan penyapu otomatis agar biji tidak menumpuk dan memaksimalkan proses penyemprotan. Proses penyemprotan menggunakan sprayer air yang di pompa secara otomatis setiap 3 jam sekali dan dipantau perkembangan kelembaban didalam ruangan perkecambahan

menggunakan sensor DHT-11 selama 3 hari masa perkecambahan biji lamtoro.

Mekanisme kerja mesin dapat dilihat pada **Gambar 3.5**.

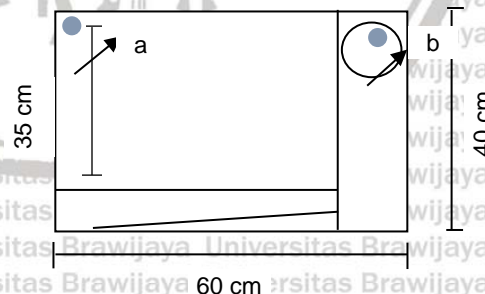




Gambar 3.5. Diagram alir mekanisme kerja mesin

3.6 Parameter Pengujian Sensor

Pengukuran suhu dan kelembaban pada mesin berfungsi untuk mengetahui hasil pembacaan sensor apakah sudah sesuai dengan sistem yang di program sejak awal. Pengukuran yang dilakukan bertujuan untuk membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat pengukur konvensional apakah berfungsi dengan baik atau tidak. Pada mesin perkecambahan biji lamtoro terdapat dua sensor utama untuk melakukan sistem otomatisasi pada mesin. Sensor akan mengukur suhu dan kelembaban yang nantinya akan diolah menjadi data. Sensor kelembaban DHT-11 akan diletakan pada ruang perkecambahan dan sensor suhu DS18B20 diletakan pada tabung perendaman biji lamtoro. Penempatan sensor dapat dilihat pada **Gambar 3.6** berikut ini



a. Sensor DHT -11 b. Sensor DS 18b20

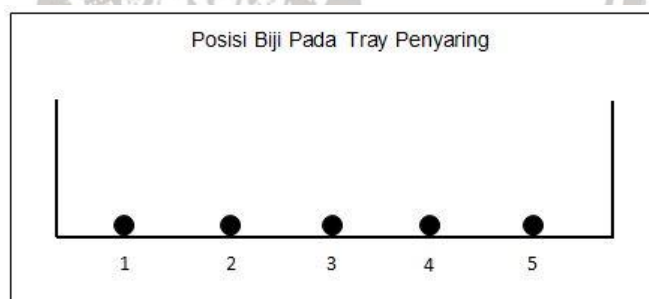
Gambar 3.6 Penempatan sensor

Pada proses pengujian mesin, data diperoleh dari pengamatan kelembaban pada ruangan perkecambahan biji lamtoro. Pengamatan dilakukan pada variasi suhu perendaman 60 °C dan 70 °C dengan kelembaban 90% - 95% dimana suhu dan

kelembaban diperoleh dari data pembacaan sensor, thermometer dan hygrometer yang dilakukan sebanyak dua kali pengulangan. Data dicatat dan di olah dalam bentuk grafik dengan membandingkan hubungan antara pembacaan sensor dengan alat pembaca suhu dan kelembaban. Parameter pengambilan data dapat dilihat pada **Tabel 3.1** dan **Tabel 3.2**.

3.7 Parameter Pengujian Motor Penggerak

Pengujian penggerak pada mesin perkecambahan biji lamtoro dilakukan dengan mengkalibrasi waktu kerja aktual motor servo dan uji perlakuan perataan biji lamtoro menggunakan lengan perata pada mesin. Pada kalibrasi motor servo parameter yang digunakan adalah waktu aktual dibandingkan dengan input waktu setting pada mesin, dimana waktu tersebut digunakan untuk memperkirakan sudut putaran pada motor servo agar saat penuangan biji lamtoro yang sudah di rendam dapat berjalan secara maksimal. Untuk uji lengan perata biji pada mesin, digunakan data rata-rata kedalaman biji pada 5 variasi posisi secara horizontal pada saringan. Parameter pengujian dapat dilihat pada **Gambar 3.7**



Gambar 3.7 Posisi pengambilan data kedalaman biji

3.8 Uji Efisiensi Kinerja Mesin

Setelah proses perancangan dan pengujian komponen pada mesin, dilakukan tahap pengujian kinerja terhadap keseluruhan proses pada mesin. Tahapan ini digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan pada proses perkecambahan biji lamtoro. Pengujian ini dilakukan dengan mengamati proses saat mesin dinyalakan sampai mesin dimatikan. Data yang diambil akan diolah untuk menentukan tingkat efisiensi penggunaan mesin perkecambahan dan yang tanpa menggunakan mesin.

Efisiensi kinerja mesin didapatkan dari hasil perhitungan konsumsi daya yang digunakan komponen mesin untuk melakukan proses perkecambahan. Untuk mencari nilai konsumsi daya heater menurut (Witoko, 2018), yang pertama dicari volume air didalam tabung menggunakan persamaan :

$$V = \pi \times r^2 \times h \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

V = volume air dalam tabung (liter)

r = jari – jari tabung (cm)

h = tinggi air dalam tabung (cm)

Setelah nilai volume air di dalam tabung perendaman diketahui, kemudian mencari nilai massa air didalam tabung perendaman dengan persamaan :

$$m = p \times V \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

m = massa air dalam tabung (kg)

p = massa jenis air (kg/ m³) = 1000 kg/ m³

V = volume air dalam drum (liter)

Dari hasil perhitungan tersebut, nilai massa air didalam tabung digunakan untuk menghitung daya heater untuk memanaskan air sebagai media perendaman dengan persamaan berikut :

$$Q = m \times c_p \times \frac{dT}{dt} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

Q = daya heater yang dibutuhkan untuk memanaskan air didalam tabung (W)

m = massa air dalam tabung (kg)

c_p = kalor jenis air (J/kg.K) = 4187 J/kg.K

p = massa jenis air (kg/ m³) = 1000 kg/ m³

V = volume air dalam drum (liter)

dT = selisih temperatur saturasi terhadap temperature initial air didalam tabung (T_{saturasi air} – T_{initial air})

dt = waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air dalam tabung

setelah nilai konsumsi daya heater dihitung, nilai tersebut di akumulasikan dengan nilai konsumsi daya pada rangkaian mikrokontroler dengan daya power supply. Menurut (Sofyan, 2015) efisiensi mesin dalam satu kali proses digunakan rumus:

$$\eta = \frac{p_{out}}{p_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

- η = Efisiensi
- P_{out} = daya keluar
- P_{in} = daya masuk

Nilai konsumsi penggunaan daya akan dihitung untuk mengetahui biaya yang harus dikeluarkan tiap proses perkecambahan, apakah mesin perkecambahan biji lamtoro dapat dikatakan efisien dalam penggunaannya. Untuk mencari biaya penggunaan listrik menurut (Wahyudi, 2016) ada beberapa parameter untuk menentukan biaya penggunaan listrik pada alat dengan menggunakan persamaan berikut

a. Waktu Total

$$Wt = (W_{proses}) \times (J_{proses}) \dots\dots\dots (1)$$

b. Energi

$$(J_{power \text{ energy}}) \times (Wt) \times (Tarif) \dots\dots\dots (1)$$

Dimana

- Wt = Waktu total
- W_{proses} = Waktu 1x proses perkecambahan
- J_{proses} = Jumlah proses dalam 1x perkecambahan
- $J_{power \text{ energy}}$ = Jumlah energy yang dibutuhkan mesin (watt)
- $Tarif$ = Biaya listrik tiap Kwh (Rp 420/ Kwh)

Tabel 3.1. Pengamatan Penelitian Kalibrasi Sensor Suhu dan Daya Listrik

Waktu (Menit)	Suhu Perendaman		Daya Listrik (watt)	
	60 °C	70 °C	60 °C	70 °C
5				
10				
15				
20				

Tabel 3.2. Pengamatan Penelitian Kalibrasi Sensor Kelembaban

Jam Ke	Pembacaan Kelembaban(%) dan Suhu °C			
	(DHT-11)		Hygrometer	
	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban
3				
6				
9				
12				
15				

Tabel 3.3. Pengamatan Penelitian Kalibrasi Motor Servo

No	Sudut Setting Motor Servo 180°	
	Waktu Setting Motor Servo (Detik)	Waktu Aktual (Detik)
1.	4	
2.	5	
3.	6	
4.	7	
5.	8	

Tabel 3.4. Pengamatan Penelitian Kalibrasi Perataan Biji

Posisi Pengambilan Data	Kedalaman Perataan Biji (cm)
1	
2	
3	
4	
5	

Tabel 3.5. Pengamatan Penelitian Perkecambahan

Suhu (°C) & Waktu (Menit)	Perkecambahan Hari ke-							Presentase Perkecambahan (%)
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	
60°C 5								
10								
15								
20								
70°C 5								
10								
15								
20								

Keterangan :

H1 - H7 : Total biji lamtoro yang berkecambah



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Rancangan Struktural Mesin Perkecambahan

Rancangan mesin perkecambahan berdaya listrik ini merupakan mesin yang didesain untuk mengkecambahkan biji lamtoro yang memerlukan perlakuan khusus agar dapat mempercepat perkecambahan. Mesin ini memiliki bentuk persegi kotak dengan ukuran dimensi panjang 50 x 60 x 40 cm. Di dalam mesin terbagi menjadi tiga ruangan dengan masing – masing ukuran dan kegunaan. Pada ruang pertama dengan ukuran 50 x 40 cm digunakan sebagai tempat tray penyaring dan media perkecambahan. Ruang kedua dengan ukuran 10 x 40 x 10 cm digunakan sebagai tempat tabung perendaman biji lamtoro yang memiliki dimensi panjang tabung 35 cm, lebar tabung 3 cm, dan diameter 8. Pada ruang ketiga dengan ukuran 40 x 30 x 10 cm digunakan sebagai tempat mikrokontroller. Gambar mesin dan spesifikasi dapat dilihat pada **Gambar 4.1** dan **Tabel 4.1**.



Gambar 4.1 Mesin Perkecambahan Biji Lamtoro

Tabel 4.1. Spesifikasi Mesin Perkecambahan

Spesifikasi	Keterangan
Bahan	Akrilik tebal 3 mm
Kapasitas	5 kg biji lamtoro
Dimensi Ruang Perkecambahan	50 x 60 x 40 cm
Dimensi Tabung Perendaman	35 x 3 x Ø8 cm
Dimensi Mesin	50 x 60 x 40 cm
Kontrol Mesin	Arduino Uno R3
Daya	220 Volt (300-315)W

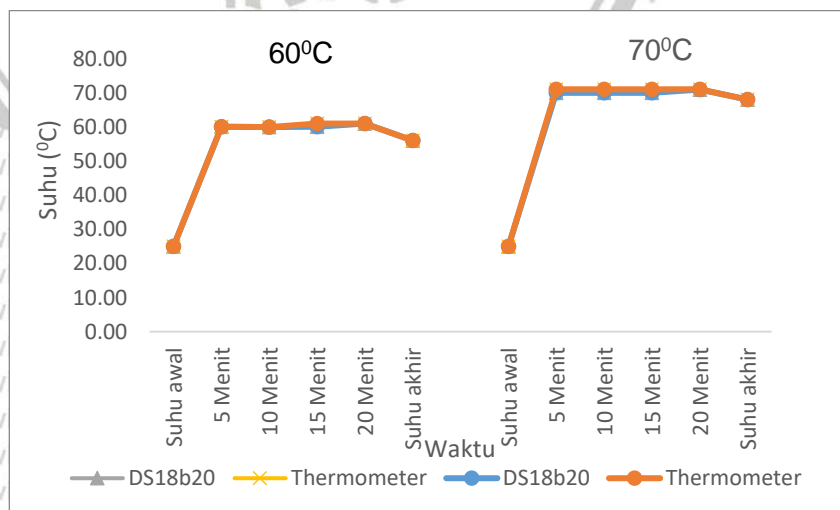
4.2 Data Hasil Penelitian

Pada pembahasan hasil penelitian didapatkan pengukuran data hasil pembacaan sensor suhu, sensor kelembaban, dan kerja lengan perata biji pada saringan. Hasil data pengukuran sensor suhu dan sensor kelembaban dibandingkan dengan hasil pembacaan alat ukur suhu konvensional berupa thermometer digital dan hygrometer digital. Data yang telah didapatkan selama proses perkecambahan akan dikonversi menjadi data grafik suhu dan kelembaban pada mesin perkecambahan. Data hasil penelitian dibahas pada masing-masing alat ukur perbandingan yang sudah dilakukan. Biji lamtoro yang digunakan pada penelitian berasal dari wilayah situbondo jawa timur, pemilihan biji lamtoro ini karena di wilayah tersebut banyak tanaman lamtoro, dan harga biji lamtoro tergolong masih murah sehingga dapat memudahkan mahasiswa untuk melakukan penelitian yang membahas tanaman lamtoro.

4.2.1 Pengukuran Suhu Perendaman

Pada proses pengukuran suhu perendaman dilakukan sebanyak empat kali perulangan waktu tiap suhu settingnya. Suhu setting pada mesin di inputkan melalui arduino mikrokontroller yang mengatur sensor DS 18B20 dengan heater sebagai output panas, sehingga saat proses perendaman biji lamtoro air yang digunakan untuk merendam memiliki suhu yang stabil. Data hasil penelitian suhu dapat dilihat pada

Gambar 4.2



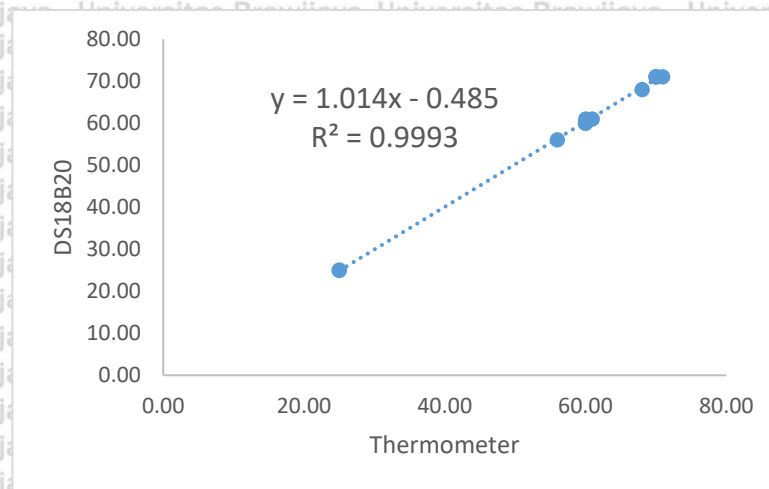
Gambar 4.2 Grafik perbandingan kerja sensor suhu dengan alat ukur

Berdasarkan grafik pengukuran suhu pada tabung perendaman, didapatkan hasil pengukuran pada suhu setting sensor DS 18B20 sebesar 60 °C selama 20 menit dengan interval waktu pengambilan data secara berturut-turut 5, 10, 15, dan 20 menit. Pada grafik hasil pembacaan thermometer dengan suhu setting dan waktu yang sama grafik menunjukkan kenaikan suhu yang signifikan. Pada pengukuran suhu setting 70 °C pembacaan thermometer juga mengalami kenaikan tiap 5, 10, 15, dan 20 menit, hal ini dapat terjadi karena pada saat proses pengambilan data thermometer membutuhkan waktu yang sedikit lama sehingga terjadi perbedaan pembacaan antara sensor dengan thermometer, selain itu terdapat toleransi pembacaan suhu oleh sensor DS18B20 $\pm 5\%$ selama 20 menit. Pengambilan data suhu awal dan suhu akhir air juga dilakukan dengan tujuan mengetahui apakah sensor bekerja sebelum proses perendaman dimulai. Dengan hasil data tersebut dapat dikatakan sensor DS18B20 sudah bagus untuk digunakan sebagai pengambil data pada mesin. Data hasil penelitian pembacaan sensor DS18B20 dengan Thermometer dapat dilihat pada

Tabel 4.2**Tabel 4.2. Kalibrasi Sensor Suhu**

Waktu Perendaman (Menit)	Pembacaan Suhu °C	
	DS18B20	Thermometer
Suhu awal air	25.04	25.02
5	60.05	60.06
10	60.04	60.00
15	60.09	61.01
20	61.00	61.02
Suhu akhir air	56.03	56.04
Suhu awal air	25.03	25.00
5	70.07	71.09
10	70.05	71.08
15	70.08	71.06
20	71.00	71.09
Suhu akhir air	68.06	68.03

Setelah data diambil kemudian dicari nilai x dan y untuk menentukan nilai korelasi hubungan kinerja dari sensor. Nilai diolah menggunakan software microsoft excel dengan hasil $y = 1.014x - 0.485$ dan R^2 sebesar 0.9993. dari nilai tersebut dapat disimpulkan kinerja sensor dapat mendekati kerja sensor konvensional berupa thermometer. Garafik hubungan dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kinerja Sensor Suhu

4.2.3 Setting Ruang Perkecambahan

Setting ruang perkecambahan pada penelitian ini meliputi persiapan awal proses biji lamtoro yang sudah direndam menggunakan air panas, proses perataan biji pada tray perkecambahan dan proses penyiraman biji agar suhu dan kelembaban dalam ruangan mendukung perkecambahan biji lamtoro. Data hasil proses pada setting ruang perkecambahan dibahas pada masing - masing komponen pendukung.

a. Proses Perataan Biji Pada Saringan

Proses perataan biji dimulai saat tabung perendaman menumpahkan biji lamtoro yang telah dikondisikan. Arduino mikrokontroler secara otomatis mengirimkan sinyal perintah untuk menggerakkan motor DC yang sudah dirakit dengan lengan perata, Perintah tersebut dapat dilihat pada **Gambar**

4.4

```
void motor(byte dir, byte pwm) {
  if (pwm < 0) pwm = abs(pwm);
  else if (pwm > 255) pwm = 255;
  if (dir == 1) {
    analogWrite(motor_ccw, pwm);
    analogWrite(motor_cw, 0);
  }
  else if (dir == 2) {
    analogWrite(motor_ccw, 0);
    analogWrite(motor_cw, pwm);
  }
}
```

Gambar 4.4 Inialisasi Program Motor DC

Fungsi perintah tersebut dikirimkan melalui komunikasi analog dengan arah putaran motor dc yang sudah diatur untuk menggerakkan lengan perata

yang dilekngkapi lembar busa penyapu. Dari proses perataan diambil data perataan biji, data tersebut digunakan untuk mengetahui efektifitas perataan pada tray perkecambahan. Hasil proses perataan biji dapat dilihat pada **Tabel 4.3**

Tabel 4.3 Pengambilan Data Perataan Biji Lamtoro

Posisi Pengambilan Data	Kedalaman Perataan Biji (cm)
1	0
2	0.1
3	0.1
4	0.5
5	0.1

Pengambilan data dilakukan pada 5 titik tray dengan menggunakan penggaris sebagai alat ukurnya. Pengaris ini berfungsi untuk mengukur kedalaman tumpukan biji lamtoro hasil perataan pada mesin, apabila kedalaman penumpukan biji dangkal maka perkecambahan biji semakin optimal. Pada titik 1 sebaran biji kurang efektif karena hanya beberapa biji yang berada pada titik ke-1, untuk titik ke-2 dan ke-3 sebaran biji merata dengan kedalaman pengukuran sebesar 0.1 cm, untuk titik ke-4 sebaran biji kurang efektif disebabkan biji lamtoro banyak yang menumpuk yang dapat menyebabkan proses perkecambahan terhambat, besar kedalaman pengukuran pada titik ke-4 yaitu 0.5 cm, untuk titik ke-5 sebaran biji merata dengan kedalaman pengukuran sebesar 0.1 cm. dari hasil penelitian bisa dikatakan sebaran biji pada proses perataan sedikit kurang efektif, faktor yang mempengaruhi antara lain pada jumlah biji lamtoro yang akan dikecambahkan dan kecepatan putaran motor DC yang mengatur gerak dari lengan perata.

b. Proses Penyiraman

Pada proses penyiraman setelah biji diratakan arduino mikrokontroler akan mengirimkan sinyal perintah ke modul relly yang terhubung dengan mesin pompa 12v. Proses penyiraman berjalan ketika suhu dan kelembaban pada ruang perkecambahan kurang dari setting nilai yang telah diinputkan. Pompa air yang sudah dilengkapi selang dan nozzel bekerja ketika input

sinyal perintah dijalankan. Program perintah penyalan pompa air dapat dilihat pada **Gambar 4.5**

```
scan_keypad();
scan_dht();
if(read_dht > setpoint_dht){
    pompa_on;
}
else{
    pompa_off;
}
```

Gambar 4.5 Inialisasi Program Pompa Air Otomatis

Fungsi perintah tersebut akan menginisiasikan input nilai dari keypad dan membandingkannya dengan hasil pembacaan sensor DHT-11, jika pembacaan sensor lebih besar dari input nilai setting maka otomatis pompa akan menyala dan jika tidak pompa mati. Inialisasi dari pembacaan sensor ditampilkan pada lcd 12 x 2 dengan tampilan pembacaan sensor DHT-11 berupa kelembaban (%) dan suhu (°C). Gambar hasil tampilan dari lcd 12x2 dapat dilihat pada

Gambar 4.6



Gambar 4.6 Tampilan layar LCD

Data pembacaan sensor dapat diamati melalui serial plotter yang ada pada software Arduino IDE berupa grafik realtime dari pembacaan sensor tiap detik. Grafik pembacaan sensor dapat dilihat pada **Gambar 4.7**



Gambar 4.7 Tampilan Serial Plotter Arduino Uno

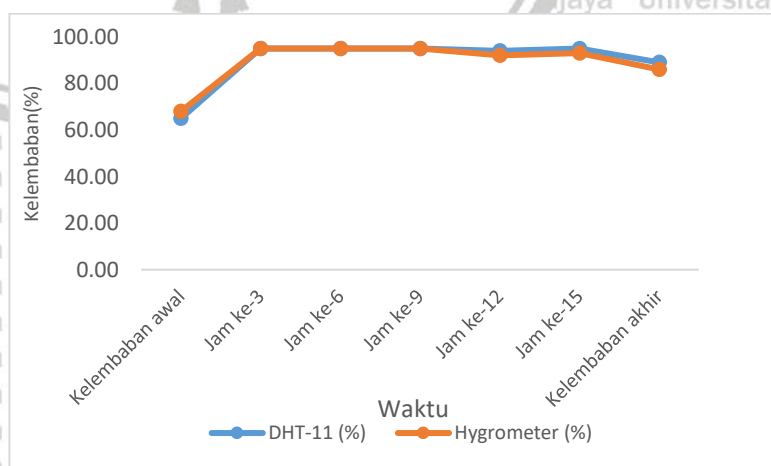
Pemantauan proses tersebut selanjutnya diamati untuk mengetahui perbandingan pembacaan sensor dengan alat baca Hygrometer. Data dari

pembacaan sensor dibandingkan dengan data pembacaan Hygrometer yang dapat dilihat pada **Tabel 4.4**

Tabel 4.4 Kalibrasi Sensor Kelembaban

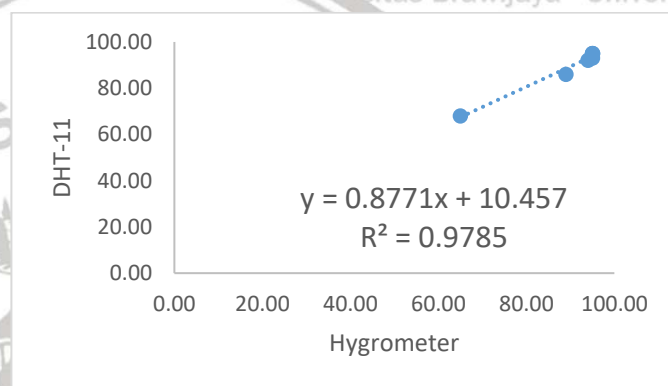
Jam Ke-	Pembacaan Kelembaban(%) dan Suhu °C			
	(DHT-11)		Hygrometer	
	Suhu	Kelembaban	Suhu	Kelembaban
Suhu & Kelembaban awal	26	65	27.5	68
3	28	99	27.6	91
6	28	95	27.4	95
9	27	95	26.8	95
12	26	94	26	92
15	25	95	24.8	93
Suhu & Kelembaban akhir	27	89	26.4	86

Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali perulangan dengan interval waktu 3 jam sekali sekaligus mengambil data awal suhu dan kelembaban awal hingga akhir. Data diambil mulai pukul 13.00 siang - 00.00 malam. Pengambilan data tersebut bertujuan untuk mengetahui kinerja sensor dan perbedaan suhu dan kelembaban awal hingga akhir, dan ketika siang dan malam hari didalam ruang perkecambahan. Data yang sudah di ambil di olah menjadi grafik untuk mengetahui tingkat efektifitas pembacaan sensor DHT-11 dengan perbandingan alat ukur Hygrometer. Grafik perbandingan pembacaan suhu dan kelembaban dapat dilihat pada **Gambar 4.8**



Gambar 4.8 Grafik perbandingan kerja sensor kelembaban dengan alat ukur

Dari hasil pengolahan data diatas diketahui grafik pembacaan sensor dengan alat ukur Hygrometer memiliki kesamaan yang signifikan, namun ada beberapa pembacaan kelembaban yang sedikit berbeda, hal tersebut dipengaruhi faktor penempatan sensor dengan Hygrometer yang sedikit berbeda, serta akurasi yang dimiliki tiap alat ukur memiliki perbedaan. Nilai tersebut kemudian diolah kembali untuk mencari hubungan x dan y menggunakan Microsoft excel, dengan hasil $y = 0.8771x + 10.457$ dan R^2 sebesar 0.9785. Nilai tersebut mendekati kerja sensor konvensional berupa DHT - 11. Grafik hubungan dapat dilihat pada **Gambar 4.9**



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Kinerja Sensor Kelembaban

4.3 Pengaruh Waktu Terhadap Kinerja Motor Servo

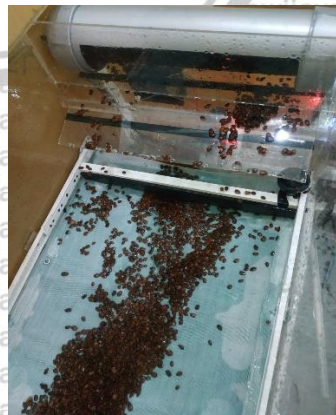
Pada proses pengujian motor servo dengan spesifikasi power daya yang dikonsumsi sebesar 6v, dan daya torsi 10 kg/cm. digunakan untuk menopang dan menggerakkan tabung perendaman agar dapat menumpahkan biji yang direndam didalam tabung ketika proses perendaman selesai. Data hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 4.5**

Tabel 4.5 Perbandingan Waktu Kerja Motor Servo

Waktu Setting Motor Servo (Detik)	Waktu Aktual (Detik)	Sudut Motor Servo(°)
4	4.1 detik	180
5	5.2 detik	180
6	6.2 detik	180
7	7.3 detik	180
8	8.2 detik	180

Dari data hasil pengujian kinerja motor servo terhadap waktu aktual, didapatkan hasil setting waktu pada program yang sedikit berbeda dengan waktu aktual. Faktor yang mengakibatkan perbedaan waktu kerja motor servo terhadap waktu aktual diantaranya beban yang harus digerakkan motor servo yakni tabung perendaman, semakin berat tabung yang digerakkan semakin lama pula proses untuk menggerakkannya, setting program untuk menggerakkan motor servo, dan setting kemiringan sudut yang sesuai dengan penggunaan motor servo.

Dari hasil penelitian waktu kerja motor servo terhadap waktu aktual rata-rata memiliki selisih waktu hanya beberapa detik. Selain itu kemiringan sudut yang terbentuk juga dapat mempengaruhi proses penuangan biji lamtoro ke atas saringan, dimana jika tabung yang di putar motor servo kurang sesuai maka biji tidak tertuang keatas saringan dan dapat juga tersangkut di tabung perendaman. Tipe motor servo yang digunakan pada mesin ini bertipe positional rotation, jenis motor servo ini mempunyai poros output yang dapat berputar setengah lingkaran. Hasil penunangan pada penelitian menunjukan masih ada biji yang tertinggal di dalam tabung perendaman, hal tersebut dipengaruhi oleh kemiringan sudut yang menggerakkan tabung kurang sesuai sehingga masih ada biji lamtoro yang tertinggal. Selain kemiringan sudut bentuk dari tabung yang masih kurang sesuai juga dapat mempengaruhi proses penuangan biji lamtoro yang selesai di rendam. Penuangan biji lamtoro dapat dilihat pada **Gambar 4.10**



Gambar 4.10 Penuangan Biji Lamtoro

4.4 Pengaruh Kinerja Mesin Terhadap Presentase Perkecambahan

Untuk mengetahui pengaruh kinerja mesin terhadap perkecambahan biji lamtoro dilakukan penelitian pendahuluan dengan cara mengecambahkan biji lamtoro secara manual. Perlakuan yang digunakan pada penelitian pendahuluan sama dengan perlakuan pada mesin, namun dilakukan secara manual. Tujuan dilakukannya penelitian pendahuluan untuk mengetahui tingkat kerja mesin yang dilengkapi dengan sistem kontrol dan dibandingkan dengan tanpa menggunakan mesin. Hasil penelitian berupa data presentase banyaknya kecambah biji lamtoro yang tumbuh dengan perlakuan, kemudian di rata – rata pada tiap perlakuannya. Hasil perkecambahan dapat dilihat pada **Tabel 4.6** dan **Tabel 4.7**

Tabel 4.6 Perkecambahan Menggunakan Mesin

Suhu (°C) & Waktu (Menit)		Perkecambahan hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
60°C	5	0	6	8	30	41	56	59
	10	0	22	27	42	53	61	64
	15	0	18	32	41	52	58	59
	20	0	19	26	36	44	51	54
70°C	5	0	6	12	36	52	54	56
	10	0	5	9	15	25	39	41
	15	0	5	13	18	25	30	32
	20	0	6	11	20	30	36	42

Tabel 4.7 Perkecambahan Tanpa Menggunakan Mesin

Suhu (°C) & Waktu (Menit)		Perkecambahan hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
60°C	5	0	0	0	10	18	22	27
	10	0	0	2	15	23	29	36

	15	0	0	1	6	10	18	25
	20	0	0	2	18	30	38	46
70°C	5	0	0	1	22	36	41	47
	10	0	1	3	16	29	39	47
	15	0	0	1	14	25	37	40
	20	0	0	0	10	19	33	40

Dari data diatas kemudian di cari rata – rata presentase, menurut SNI 8805: 2019 pengujian efisiensi perkecambahan dengan menggunakan persamaan berikut

$$\text{Daya Berkecambah}(\%) = \frac{\text{Kecambah normal}}{\text{Benih yang dikecambahkan}} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Pada mesin didapatkan hasil rata-rata perkecambahan dengan pengujian 100 biji lamtoro pada tiap perlakuannya sebesar 51% dan yang tanpa menggunakan mesin sebesar 39%. dari hasil tersebut dapat disimpulkan bawa mesin bekerja dengan baik untuk mekecambahkan biji lamtoro. Hasil Presentase perkecambahan dapat dilihat pada **Tabel 4.8**, **Tabel 4.9** dan **Tabel 4.10**.

Tabel 4.8 Perkecambahan Menggunakan Mesin Ulangan 1

Suhu	Waktu	Kecambah	Presentase	Suhu	Kecambah	Presentase
	(Menit)	(Biji)	(%)	(°C)	(Biji)	(%)
60 °C	5	59	59%	70 °C	56	56%
60 °C	10	64	64%	70 °C	41	41%
60 °C	15	59	59%	70 °C	32	32%
60 °C	20	54	54%	70 °C	42	42%

Tabel 4.9 Perkecambahan Menggunakan Mesin Ulangan 2

Suhu	Waktu	Kecambah	Presentase	Suhu	Kecambah	Presentase
	(Menit)	(Biji)	(%)	(°C)	(Biji)	(%)
60 °C	5	46	46%	70 °C	51	51%
60 °C	10	40	40%	70 °C	33	33%
60 °C	15	40	40%	70 °C	21	21%
60 °C	20	38	38%	70 °C	33	33%

Tabel 4.10 Presentase Perkecambahan Tanpa Menggunakan Mesin

Suhu	Waktu (Menit)	Kecambah (Biji)	Presentase (%)	Suhu (°C)	Kecambah (Biji)	Presentase (%)
60 °C	5	27	27%	70 °C	47	47%
60 °C	10	36	36%	70 °C	47	47%
60 °C	15	25	25%	70 °C	40	40%
60 °C	20	46	46%	70 °C	40	40%

4.5 Pengaruh Suhu Terhadap Efisiensi Kerja Mesin

Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap efisiensi kerja mesin dicari nilai konsumsi daya heater tiap satu kali proses perkecambahan dengan variasi penggunaan suhu yang digunakan. Untuk mencari nilai daya heater dalam tabung perendaman digunakan rumus (Witoko, 2018).

- Volume air didalam tabung :

$$V = \pi \times r^2 \times h \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

V = volume air dalam tabung (liter)

r = jari – jari tabung (cm) = 0.04 m

h = tinggi air dalam tabung (cm) = 0.04 m

$$V = 3.14 \times 0.04^2 \times 0.04$$

$$= 0.20096 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 0.20096 \text{ liter}$$

- Massa air didalam tabung

$$m = p \times V \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

m = massa air dalam tabung (kg)

p = massa jenis air (kg/ m³) = 1000 kg/ m³

V = volume air dalam drum (liter)

$$m = 1000 \times 0.20096 \times 10^{-3}$$

$$= 0.20096 \text{ kg}$$

- Besar daya heater untuk memanaskan air

$$Q = m \times c_p \times \frac{dT}{dt} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana :

Q = daya heater yang dibutuhkan untuk memanaskan air didalam tabung (W)

m = massa air dalam tabung (kg)

c_p = kalor jenis air (J/kg.K) = 4187 J/kg.K

ρ = massa jenis air (kg/ m³) = 1000 kg/ m³

V = volume air dalam drum (liter)

dT = selisih temperatur saturasi terhadap temperature initial air didalam tabung ($T_{saturasi\ air} - T_{initial\ air}$)

dt = waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air dalam tabung

- Perhitungan untuk suhu heater 60 °C

$$Q_1 = 200 \times 4187 \times \frac{(333 - 298)}{1200} \text{ joule/s}$$

$$= 24.5414 \text{ watt}$$

- Perhitungan untuk suhu heater 70 °C

$$Q_2 = 200 \times 4187 \times \frac{(343 - 298)}{1200} \text{ joule/s}$$

$$= 31.553 \text{ watt}$$

Menurut (Sofyan, 2015) efisiensi mesin dalam satu kali proses digunakan rumus:

$$\eta = \frac{\rho_{out}}{\rho_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Diketahui:

Kebutuhan beban daya untuk suhu 60° C = 479.541 watt. Daya power supply = 23.040 watt

$$\eta = \frac{479.541}{23.040} \times 100\% = 20.81\%$$

Kebutuhan beban daya untuk suhu 70°C = 486.553 watt. Daya power supply = 23.040 watt

$$\eta = \frac{486.553}{23.040} \times 100\% = 21.12\%$$

Dimana :

η = Efisiensi

P_{out} = daya keluar

P_{in} = daya masuk

Data perhitungan efisiensi diatas dihitung selama 1 kali proses perkecambahan dengan perlakuan suhu yang berbeda. Diketahui pada suhu setting 60°C nilai efisiensi mesin sebesar 20.81% dan pada suhu setting 70 °C nilai efisisensi sebesar 21.12%. Hubungan perbedaan pemakaian daya berbanding lurus, semakin cepat suhu yang dihasilkan semakin kecil pula penggunaan daya yang diperlukan. Dalam penggunaan daya terjadi proses rugi beban karena daya tidak digunakan sehingga efisensi penggunaan daya tidak mencapai 100%. Efisiensi penggunaan daya pada mesin dapat dilihat pada **Tabel 4.11**

Tabel 4.11 Efisiensi Penggunaan Daya Pada Mesin

Perlakuan Suhu (°C)	Daya Input (watt)	Daya Output		Waktu penggunaan (jam)	Efisiensi Mesin
		Komponen	Daya (watt)		
60	23.040	Mikrokontroler, Heater, Motor penggerak, Pompa air	479.541	192	20.81%
70	23.040	Mikrokontroler, Heater, Motor penggerak, Pompa air	486.553	192	21.12%

4.6 Perhitungan Biaya Konsumsi Listrik Mesin

Pada mesin perkecambahan berbasis mikrokontroler perhitungan biaya konsumsi listrik dilakukan dengan cara menghitung lama 1 kali proses perkecambahan dengan mengambil data besaran daya listrik yang digunakan tiap 1

kali prosesnya. Mesin bekerja selama 8 hari (192 jam), 1 hari dilakukan untuk proses perendaman dan pengkondisian ruang perkecambahan dan 7 hari sisanya untuk proses perkecambahan. Heater digunakan selama 20 menit waktu perendaman, dengan menjaga suhu air tetap pada suhu setting dan waktu setting. Pompa air dan kipas standby menyala setiap kali sensor membaca kelembaban diruangan perkecambahan turun dibawah 90% atau diatas 30° C. Konsumsi daya listrik dapat dilihat pada **Tabel 4.12** dan **Tabel 4.13**

Tabel 4.12 Perhitungan Biaya Konsumsi Listrik Suhu 60° C

Komponen	Daya	Waktu pemakaian	Kebutuhan listrik	Biaya (Rp.420/KwH)
Heater	30 watt	20 menit	24 watt	Rp. 100
Pompa Air	65 watt	7 jam	455 watt	Rp. 191
Kipas	120 watt	7 jam	840 watt	Rp. 3000
Power supply	120 watt	192 jam	23.040 watt	Rp. 9.676
Total				Rp. 12.967

Tabel 4.13 Perhitungan Biaya Konsumsi Listrik Suhu 70° C

Komponen	Daya	Waktu pemakaian	Kebutuhan listrik	Biaya (Rp.420/KwH)
Heater	30 watt	20 menit	31 watt	Rp. 130
Pompa Air	65 watt	7 jam	455 watt	Rp. 191
Kipas	120 watt	7 jam	840 watt	Rp. 3000
Power supply	120 watt	192 jam	23.040 watt	Rp. 9.676
Total				Rp. 12.997

Keterangan : Total biaya konsumsi listrik untuk perlakuan suhu 60° C dan 70° C tidak terlalu berbeda, namun biaya yang paling kecil pada perlakuan suhu 60° C.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini yaitu merancang bangun mesin perkecambahan biji Lamtoro (*Leucaena Leucocephala*) dengan kontrol suhu dan kelembaban berbasis Mikrokontroler didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Mesin perkecambahan lamtoro berbasis mikrokontroler ini terdiri dari beberapa komponen yaitu Arduino Uno R3, Fan 12x12 cm, modul relay 4 channel 5v, power supply 12v 10A, motor servo 5v, sensor DS18B20 dan DHT-11, Lcd 12X2, Keypad 4x4, heater, stepdown XL4015 5A, motor DC, kabel pelangi, saringan lembaran, Software Autocad 2019, biji lamtoro. Dimensi ruang perkecambahan 50 x 60 x 40 cm, dimensi tabung perendaman 35 x 3 x Ø8 cm dimensi mesin 50 x 60 x 40 cm.
2. Pengujian mesin dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur konvensional, didapatkan hasil korelasi antara sensor dalam alat ukur tidak berbeda jauh dapat dikatakan sensor bekerja dengan baik. Pengambilan data perendaman dilakukan dengan waktu 5, 10,15, dan 20 menit. Hasil pembacaan sensor memiliki selisih yang dapat di toleransi karena setiap sensor memiliki tingkat toleransi pembacaan yang berbeda- beda. Pada proses perkecambahan data pembacaan kelembaban juga dibandingkan dengan alat ukur, hasilnya sensor dapat menyamai kerja pembacaan dari alat ukur. Hasil presentase perkecambahan dengan menggunakan mesin jauh lebih baik yakni sebesar 51% dan yang tanpa menggunakan mesin sebesar 39%.
3. Efisiensi kerja mesin selama proses perkecambahan dapat diketahui melalui hubungan antara suhu dan daya yang digunakan. Pada penggunaan suhu setting 60° C efisiensi daya yang digunakan sebesar 20.11% dan pada suhu setting 70° C sebesar 21.12%, perbedaan tersebut dipengaruhi oleh konsumsi daya yang digunakan. Dalam hal ini dapat dikatakan efisiensi kerja mesin dapat dikatakan cukup baik.

1.1. SARAN

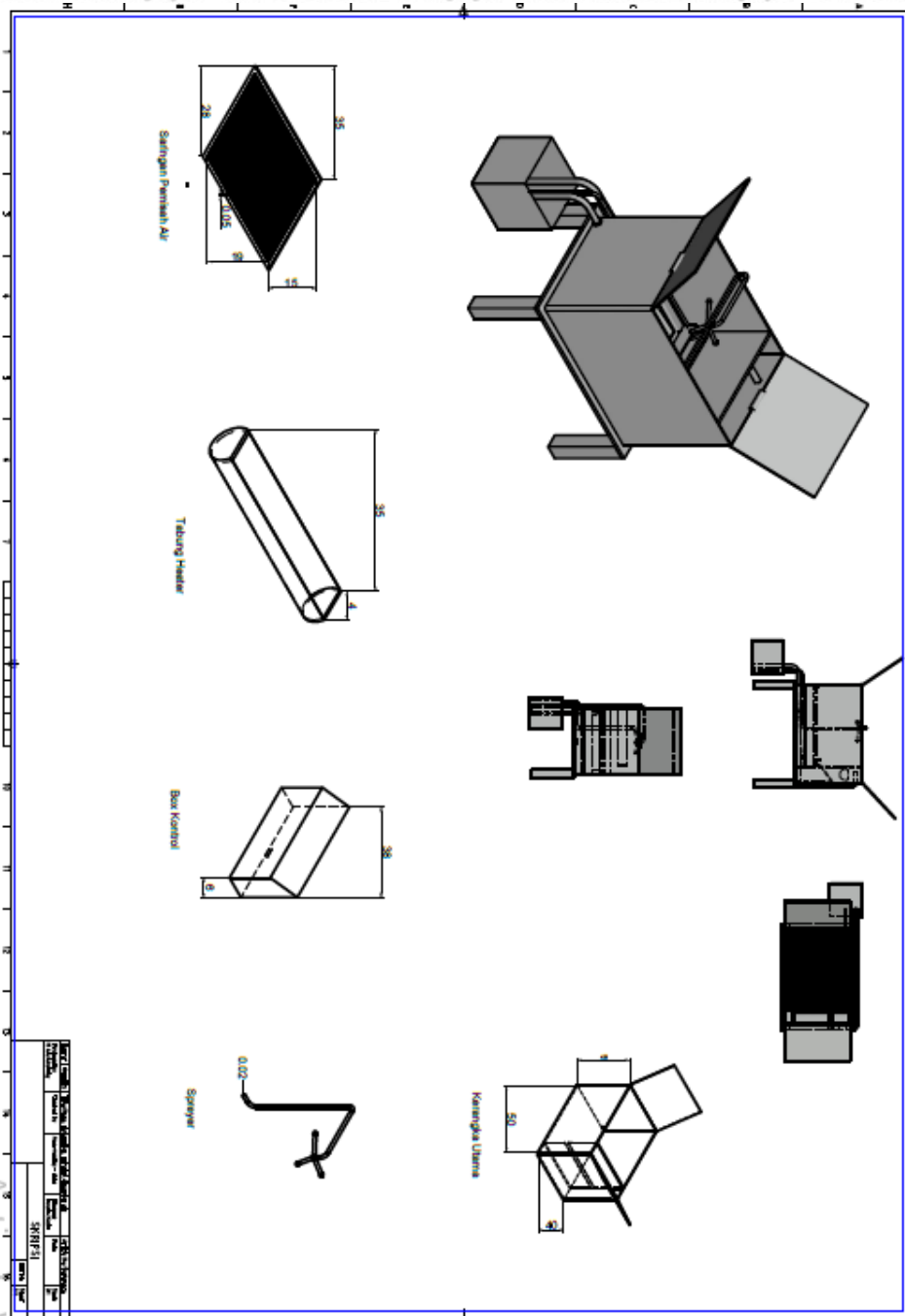
Penelitian dapat dilakukan dengan metode perlakuan suhu lain sehingga dapat mengetahui perbedaan perlakuan yang di perlukan biji lamtoro agar berkecambah lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiah RAR. 2018. Potensi Ekstrak Daun Lamtoro (*Leucaena Leuocephala* Lam.) Sebagai Bioherbisida Terhadap Pertumbuhan Beberapa Jenis Gulma. Skripsi. Jurusan Biologi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Ani N. 2006 . Pengaruh Perendaman Benih Dalam Air Panas Terhadap Daya Kecambah Dan Pertumbuhan Bibit Lamtoro (*Leucaena leuocephala*). *Jurnal Penelitian Bidang Ilmu Pertanian*. Vol 4(1):26-30.
- Basith A. 2017. Penerapan Sensor Ultrasonik Hc-Sr04 Pada System Pengukur Volume Pada Mobil Tangki Air Bersih. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
- Cahyadi. F. 2008. Pengujian Germinasi Biji Lamtoro (*Leucaena Leuocephala*) Dengan Perlakuan Air Panas. Skripsi. Jurusan Nutrisi Dan Makanan Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya Malang.
- Darmawan D. 2013. Rancang Bangun Prototype System Kontrol Temperatur Menggunakan Sensor DS18B20 Pada Incubator Bayi. Skripsi. Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Fitri N. 2015. Pengaruh Skarifikasi Dengan Perendaman Dalam Aquades, Air Panas, Dan Asam Sulfat Terhadap Perkecambahan Biji Dan Pertumbuhan Awal Lamtoro (*Leucaena Leuocephala*). Skripsi. Jurusan Ilmu Peternakan, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Hasanuddin Makassar.
- Giashinta P. 2018. Alat Pengatur Suhu Kelembaban Dan Monitoring Masa Panen Pada Budidaya Jamur Tiram Berbasis Arduino Uno. Skripsi. Jurusan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Indasari N. 2018. Pengaruh Pemberian Cahaya Terhadap Waktu Perkecambahan Tanaman Bayam (*Amaranthus Spinousus*). Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Irmayani. 2017. Pengaruh Lama Waktu Skarifikasi Terhadap Perkecambahan Biji Lamtoro Menggunakan Urine Sapi Sebagai Pakan Ternak. Skripsi. Jurusan Peternakan, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

- Oktariawan I, Martinus dan Sugiyanto. 2013. Pembuatan Sistem Otomasi Dispenser Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. Jurnal FEMA,1(2):19-20
- Purwanti S. 2019. Implementasi Teknologi Kreatif Dalam Mewujudkan UMKM Produktif Melalui Program Kemitraan Masyarakat (Pkm) (Kelurahan Kertajaya, Kecamatan Gubeng Kota Surabaya). Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya. Vol. 04, No. 01, hal 49–54
- Roidi AA. 2016. Pengaruh Pemberian Pupuk Cair Daun Lamtoro (*Leucaena Leucocephala*) Terhadap Pertumbuhan Dan Produktivitas Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica Chinensis L.*). Skripsi. Jurusan Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Kepeguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta
- Saragi W. 2020. Daya Kecambah Biji Lamtoro *Leucaena Leucocephala cv Tarramba* Dengan Perlakuan Perendaman Air Pada Suhu Dan Umur Simpan Yang Berbeda. Prosiding Seminar Teknologi dan Agribisnis Peternakan. Universitas Papua
- SNI 8805. 2019. Pengujian Benih Tanaman Hutan. BSN2019. Badan Standarisasi Nasional
- Sofyan. 2015. Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Dan Usia Transformator (Studi Kasus Transformator IV Gardu Induk Sukamerindu Bengkulu) Berdasarkan Standar IEC 60076-7. Bengkulu. Universitas Bengkulu
- Suita. 2019. Pematahan Dormansi Dan Metode Uji Viabilitas Benih Lamtoro (*Leucaena leucocephala* Lam. de Wit.). Jurnal Penelitian Hutan Tanaman. Vol 16(2):69-70
- Suprayitno. 1981. Lamtoro Gung Dan Manfaatnya. Bintara Karya Aksara, Jakarta.
- Wahyudi A. 2016. Implementasi Otomatisasi Mesin *Grating* Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. TESLA Vol.18 No.2. Universitas Trisakti Jakarta
- Witoko P. 2018. Perhitungan Daya Heater Pada Olam Pemanas Heat Pipe. Seminar nasional mesin dan industri (SNMI XII). Pusat Teknologi Dan Keselamatan Reaktor Nuklir-BATAN Kawasan Puspitek Gd.80 Tangerang Selatan, Banten

Lampiran 1 DESAIN MESIN PERKECAMBAHAN



Lampiran 2 PERHITUNGAN DATA PENELITIAN

a. Waktu Total Proses

$$Wt = 24 \text{ jam} \times 8 \text{ hari}$$

$$= 192 \text{ jam}$$

Setiap satu kali proses dibutuhkan waktu 24 jam, dengan waktu minimal mengkecambahkan biji yakni 7 hari atau setara dengan 168 jam

b. Konsumsi Daya Komponen

- Heater = $190 \text{ watt} \times 20 \text{ menit} \times \text{Rp.420}$

$$= \text{Rp. 26,58}$$

- Pompa = $65 \text{ watt} \times 168/60 \times \text{Rp.420}$

$$= \text{Rp. 4.586}$$

- Power SU = $60 \text{ watt} \times 192/60 \times \text{Rp.420}$

$$= \text{Rp. 4.838}$$

Konsumsi daya listrik tiap komponen dijumlahkan untuk mengetahui biaya total operasi untuk setiap satu kali proses perkecambahan sebesar Rp. 9.450.

c. Efisiensi Perkecambahan

Diketahui data pengamatan perkecambahan dengan perlakuan mesin sebagai berikut :

Suhu & Waktu		Jumlah Biji Yang Berkecambah Hari ke- (Biji)						
		1	2	3	4	5	6	7
60°C	5 m	0	6	8	30	41	56	59
	10 m	0	22	27	42	53	61	64
	15 m	0	18	32	41	52	58	59
	20 m	0	19	26	36	44	51	54
70°C	5 m	0	6	12	36	52	54	56
	10 m	0	5	9	15	25	39	41
	15 m	0	5	13	18	25	30	32
	20 m	0	6	11	20	30	36	42

Data diatas diolah menggunakan software Excel untuk mengetahui rata – rata biji yang sudah berkecambah yaitu sebesar 28.2 dan di masukkan dalam persamaan daya berkecambah sebagai berikut :

$$\text{Daya Berkecambah}(\%) = \frac{\text{Kecambah normal}}{100} \times 100\%$$

Dari hasil perhitungan menggunakan Excel diketahui presentase perkecambahan sebagai berikut:

Suhu	Waktu	Presentase	Suhu	Presentase
60 °C	5	59%	70 °C	56%
60 °C	10	64%	70 °C	41%
60 °C	15	59%	70 °C	32%
60 °C	20	54%	70 °C	42%

Data dirata – rata dan didapatkan hasil presentase perkecambahan sebesar 51% dari penggunaan mesin.

d. Kalibrasi Sensor

Regression Statistics	
DS18B20	
Multiple R	0.996553316
R Square	0.993118512
Adjusted R Square	0.991971597
Standard Error	0.47893938
Observations	8

Diketahui nilai korelasi antara sensor DS18B20 dengan Thermometer sebesar 0.996, dimana nilai tersebut termasuk dalam kategori nilai yang kuat. Pada nilai koefisien determinasi didapatkan hasil sebesar 0.991 atau 99,1%, yang berarti bahwa sensor DS18B20 dapat menyamai kinerja pembacaan sensor thermometer, sisanya dapat dipengaruhi oleh faktor – faktor lain.

Regression Statistics

DHT-11

Multiple R	0.375
R Square	0.140625
Adjusted R Square	-0.145833333
Standard Error	0.478713554
Observations	5

Nilai korelasi sensor DHT-11 dengan Hygrometer didapatkan hasil sebesar 0.375, dimana nilai tersebut termasuk dalam kategori nilai yang kurang kuat. Pada nilai koefisien determinasi didapatkan hasil sebesar 0.145 atau -14.5%, yang berarti bahwa DHT-11 kurang menyamai kinerja pembacaan sensor Hygrometer, sisanya dipengaruhi oleh faktor – faktor lain.



Lampiran 3 SOURCE CODE

```

#include "header.h"
void setup() {
  bringup_machine();
}
void loop() {
  standby();
}

#ifndef header_h
#define header_h
#include <Arduino.h>
#include "interface.h"
#include "keypad.h"
#include "motor.h"
#include "rtc.h"
#include "run.h"
#include "sensor.h"
#include "header.h"
void bringup_machine(){
  init_interface();
  init_keypad();
  init_motor();
  init_sensor();
}
#endif

#ifndef interface_cpp
#define interface_cpp
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "keypad.h"
#include "sensor.h"
#include "interface.h"
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
char buff[33];
volatile byte setpoint_suhu = 0, setpoint_time = 0;
void init_interface(){
  lcd.init();
  lcd.backlight();
}
void clear_screen(){
  lcd.clear();
}
void standby(){
  scan_keypad();
  sprintf(buff, "Pembacaan : %02d", read_ds);

```



```

lcd.setCursor(0,0);lcd.print(buff);
sprintf(buff," TEMP:%02d TIME:%03d",setpoint_suhu,setpoint_time);
lcd.setCursor(0,1);lcd.print(buff);
}
void screen_running(){
  lcd.setCursor(0,1);lcd.print(" Machine Runing ");
}
#endif

#ifndef interface_h
#define interface_h
extern volatile byte setpoint_suhu, setpoint_time;
void init_interface();
void clear_screen();
void standby();
void screen_running();
#endif

#ifndef keypad_cpp
#define keypad_cpp
#include <Arduino.h>
#include <Keypad.h>
#include "interface.h"
#include "run.h"
#include "keypad.h"
const byte ROWS = 4; //four rows
const byte COLS = 4; //four columns
char hexaKeys[ROWS][COLS] = {
  {'1','2','3','A'},
  {'4','5','6','B'},
  {'7','8','9','C'},
  {'*','0','#','D'}
};
char customKey;
char stringAngka[4];
int indexKeypad = 0;
byte x = 1;
byte rowPins[ROWS] = {5, 4, 3, 2};
byte colPins[COLS] = {9, 8, 7, 6};
Keypad customKeypad = Keypad( makeKeymap(hexaKeys), rowPins, colPins,
ROWS, COLS);
void init_keypad(){
  customKeypad.setDebounceTime(10);
}
void scan_keypad(){
  customKey = customKeypad.getKey();
  if(customKey){
    switch(customKey){
      case '0':
      case '1':

```

```

case '2':
case '3':
case '4':
case '5':
case '6':
case '7':
case '8':
case '9':
stringAngka[indexKeypad++] = customKey;
if(x == 1){
    setpoint_suhu = atoi(stringAngka);
}
else{
    setpoint_time = atoi(stringAngka);
}
break;
case '*':
stringAngka[indexKeypad++] = customKey;
if(x == 1){
    setpoint_suhu = 0; indexKeypad = 0;
}
else{
    setpoint_time = 0; indexKeypad = 0;
}
for(byte i=0; i<4; i++){
    stringAngka[i]=0;
}
break;
case '#': break;
case 'A':
    clear_screen();
    run_machine();
    break;
case 'B':
    // menu();
    break;
case 'C':
    x = 1;
    break;
case 'D':
    x = 2;
    break;
}
}
#endif

#ifndef keypad_h
#define keypad_h
void init_keypad();

```



```

void scan_keypad();
extern char customKey;

#endif

#ifndef motor_cpp
#define motor_cpp
#include <Arduino.h>
#include <Servo.h>
#include "motor.h"

Servo servo;
volatile byte motor_ccw = 10, motor_cw = 11, pin_pompa = 12, pin_heater = 13,
pin_servo = A2;
void init_motor(){
    servo.attach(pin_servo);
    pinMode(motor_ccw,OUTPUT);
    pinMode(motor_cw,OUTPUT);
    pinMode(pin_pompa,OUTPUT);
    pinMode(pin_heater,OUTPUT);
    pompa_off;heater_off;
    servo_close();
}

void motor(byte dir, byte pwm){
    if(pwm<0)pwm=abs(pwm);
    else if(pwm>255)pwm=255;
    if(dir == 1){
        analogWrite(motor_ccw,pwm);
        analogWrite(motor_cw,0);
    }
    else if(dir == 2){
        analogWrite(motor_ccw,0);
        analogWrite(motor_cw,pwm);
    }
}

void servo_open(){
    servo.write(90);
}

void servo_close(){
    servo.write(0);
}

#endif

#ifndef motor_h
#define motor_h
#define pompa_on    digitalWrite(pin_pompa,LOW);
#define pompa_off   digitalWrite(pin_pompa,HIGH);
#define heater_on   digitalWrite(pin_heater,LOW);
#define heater_off   digitalWrite(pin_heater,HIGH);
extern volatile byte motor_ccw, motor_cw, pin_pompa, pin_heater, pin_servo;
void init_motor();
void motor(byte dir, byte pwm);

```

```
void servo_open();
void servo_close();
#endif

#ifndef run_cpp
#define run_cpp
#include <Arduino.h>
#include "interface.h"
#include "sensor.h"
#include "motor.h"
#include "keypad.h"
#include "run.h"
volatile int setpoint_dht = 25;
void run_machine(){
    screen_running();
    while(1){
        goto a;
    a:
        scan_keypad();
        scan_ds();
        if(read_ds > setpoint_suhu){
            heater_off; goto b;
        }
        else{
            heater_on;
        }
    b:
        scan_keypad();
        servo_close();
        for(byte i=0; i<25; i++){
            motor(1,128);
        }
        goto c;
    c:
        scan_keypad();
        scan_dht();
        if(read_dht > setpoint_dht){
            pompa_on;
        }
        else{
            pompa_off;
        }
    }
}
#endif

#ifndef run_h
#define run_h
void run_machine();
#endif
```



```
#ifndef sensor_cpp
#define sensor_cpp
#include <Arduino.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include "DHT.h"
#include "sensor.h"
#define ONE_WIRE_BUS A0
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
#define DHTPIN A1
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
volatile int read_ds = 0, read_dht = 0;
void init_sensor(){
  sensors.begin();
  dht.begin();
}
void scan_ds(){
  sensors.requestTemperatures();
  read_ds = sensors.getTempCByIndex(0);
}
void scan_dht(){
  read_dht = dht.readHumidity();
  read_dht = dht.readTemperature();
}
#endif
#ifndef sensor_h
#define sensor_h
extern volatile int read_ds, read_dht;
void init_sensor();
void scan_ds();
void scan_dht();
#endif
```

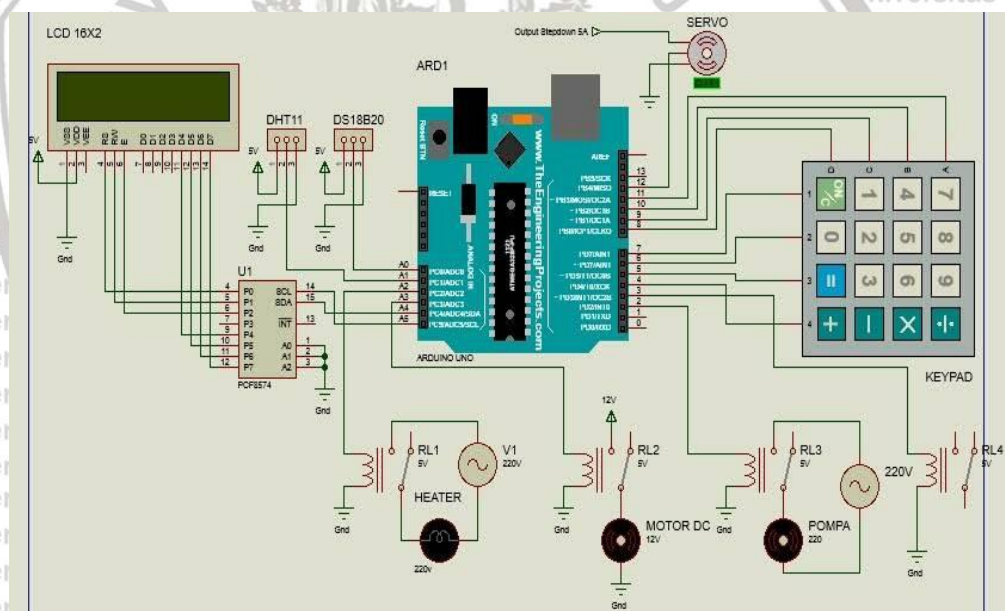
Lampiran 4 DOKUMENTASI PEMBUATAN MESIN



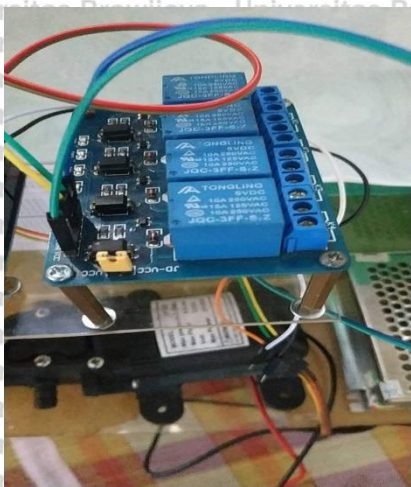
Gambar Instalasi Arduino



Gambar Instalasi Mikrokontroler



Gambar Wiring Diagram Mesin



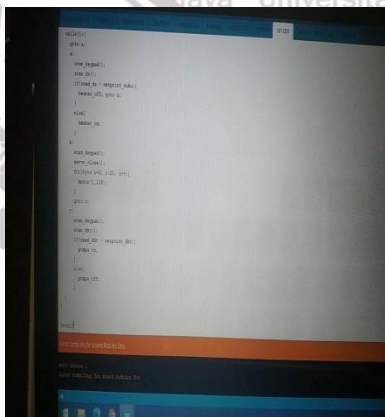
Gambar Installasi Rellay



Gambar Pengujian Arus Daya



Gambar Installasi Motor DC



Gambar Pembuatan Program



Gambar Input Data



Gambar Letak Alat Hygrometer

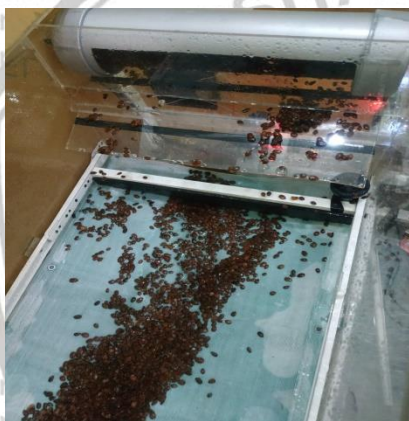
Lampiran 5 DOKUMENTASI PENGUJIAN MESIN



Gambar Perendaman Biji Lamtoro



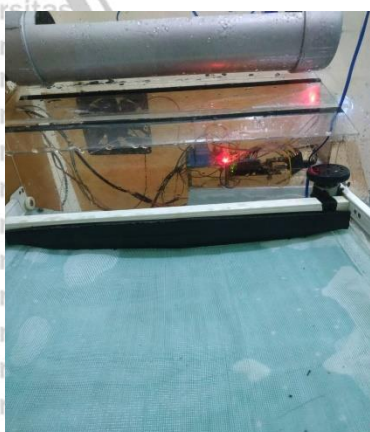
Gambar Proses Penuangan Biji



Gambar Perataan Biji



Gambar Pengukuran Perataan



Gambar Lengan Perata Biji



Gambar Penempatan Sensor DS18B20



Gambar Pengujian Perkecambahan



Gambar Pembacaan Sensor DHT-11



Gambar Installasi Fan



Gambar Penempatan Sensor DHT-11